

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-047114

(43)Date of publication of application : 18.02.2000

(51)Int.Cl.

G02B 17/08
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 11-215160

(71)Applicant : CARL ZEISS:FA

(22)Date of filing : 29.07.1999

(72)Inventor : DAVID R SHAFFER
HELMUT BAYER
FUERTER GERHARD
SCHUSTER KARL HEINZ
WILHELM URICH

(30)Priority

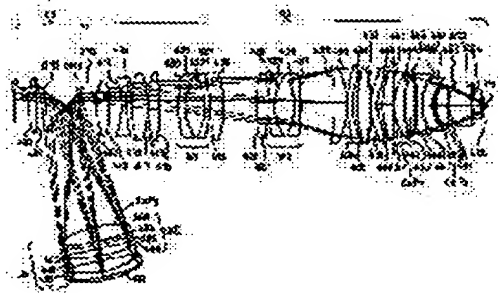
Priority number : 98 94579 Priority date : 29.07.1998 Priority country : US

(54) CATADIOPTIC SYSTEM AND EXPOSURE DEVICE HAVING THE SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain rigid and stable constitution with a large numerical aperture, a large image plane, and sufficient laser bandwidth by forming ≤ 4 lenses of a 2nd material.

SOLUTION: All lenses in a double-path area of the catadioptric optical system CS are combined with a single lens group which is contiguous to a concave mirror 411. This lens group includes positive lenses 403 and 404 and three negative lenses 405 and 410. When negative lenses like those are changed in number from two to three, the beam angle increases more smoothly and correction is optimized to simplify the structure of the lens barrel of the catadioptric optical system CS. The lenses 403 to 410 and mirror 411 are refraction projection exposure lenses and can be fitted to a small-sized unit. In this case, the positive lenses 403 and 404 are made of fluorite (having a diameter of, e.g. 200 mm) and, therefore, assists achromatization. Here, it is important that excellent achromatization is performed by up to three to four lenses in total.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.07.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

[JP,2000-047114,A]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the projection exposure lens which is a projection exposure lens containing the lens which was equipped with body side catadioptric **, the medium image lens system, and the refraction lens system, and was formed with the 1st ingredient, and the lens formed with the 2nd ingredient, and is characterized by four or less things for which three or less lenses are preferably formed with said 2nd ingredient.

[Claim 2] It has body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system. Catadioptric ** at least A deflection element, It is the projection exposure lens which has a concave mirror, and a deflection element and some lenses between concave mirrors. It is the projection exposure lens which all the lenses arranged between a concave mirror, and a deflection element and a concave mirror are arranged as a compact unit, and is preferably characterized by the distance from the lens of said arbitration to a deflection element being larger than the distance from this lens to a concave mirror.

[Claim 3] It has body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system. Catadioptric ** are a deflection element, a concave mirror, and the projection exposure lens with which it has some lenses at least. The projection exposure lens characterized by for catadioptric ** having at least one positive lens between a body and the 1st deflection element, and having one or less positive lens and three or less negative lenses between the 1st deflection element and a concave mirror.

[Claim 4] The projection exposure lens with which it is a projection exposure lens equipped with body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system, and a refraction lens system is characterized by having the 1st lens group of forward refractive power, the 2nd lens group of negative refractive power, the 3rd lens group of forward refractive power, the 4th lens group of negative refractive power, and the 5th lens group of forward refractive power from a medium image side.

[Claim 5] The projection exposure lens with which it is a projection exposure lens equipped with body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system, and at least one +- refractive-power doublet which contains a negative refractive-power lens and a forward refractive-power lens in the sequence from a body side is characterized by being arranged in said refraction lens system.

[Claim 6] The projection exposure lens which is a projection exposure lens equipped

with body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system, and is characterized by equipping said refraction lens system with a lens group, a medium correcting lens group, and a focusing lens group.

[Claim 7] The projection exposure lens characterized by having the rate of image formation from which it is a projection exposure lens equipped with body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system, and it differs in 1 although said catadioptric ** is larger than 0.95.

[Claim 8] The projection exposure lens which is a projection exposure lens equipped with body side catadioptric **, a medium image lens system, and a refraction lens system, and is characterized by the combination of the description of at least two of claim 1 thru/or 7 claims.

[Claim 9] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 8 characterized by a refraction lens system turning to the direction of the objection [the convex of a medium image side meniscus lens] of the convex of the meniscus lens of the sense and another side of the medium image including the meniscus lens of a couple at least.

[Claim 10] Claim 6 characterized by said thing [that the meniscus lens of a couple is arranged in said correcting lens group at least] thru/or a projection exposure lens given in 9.

[Claim 11] A projection exposure lens given in claims 5 and 6 characterized by arranging the aforementioned + refractive-power doublet in said focusing lens group.

[Claim 12] A projection exposure lens given in claim 5 thru/or at least 1 term of 11 characterized by arranging the aforementioned + refractive-power doublet next to system aperture.

[Claim 13] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 12 characterized by forming one lens with the 1st lens ingredient by the max of said catadioptric **.

[Claim 14] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 13 characterized by the diameter of the lens formed with said 2nd lens not exceeding 0.85 times of the diameter of the greatest optical element.

[Claim 15] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 14 characterized by the diameter of the lens formed with said 2nd lens ingredient not exceeding 220mm.

[Claim 16] It is a projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 15 to which catadioptric ** is characterized by six or less things preferably included for five or less lenses.

[Claim 17] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 16 to which vertical chromatic aberration is characterized by being less than 0.015 micrometers per bandwidth 1pm by 193nm.

[Claim 18] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 16 to which vertical chromatic aberration is characterized by being less than 0.05 micrometers per bandwidth 1pm by 157nm.

[Claim 19] It is a projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 18 characterized by the rate of image formation of catadioptric ** being larger than 0.8, and being preferably larger than 0.95.

[Claim 20] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 19 to which all the lenses formed with said 2nd lens ingredient are characterized by being arranged next to the image plane in a focusing beam of light in a refraction lens system.

[Claim 21] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 20 characterized by being a double-sided tele cent rucksack.

[Claim 22] The projection exposure lens according to claim 5 characterized by having at least one beam waist in a refraction subsystem, and arranging the aforementioned +- refractive-power doublet behind the last beam waist.

[Claim 23] The projection exposure lens according to claim 5 or 22 characterized by arranging the aforementioned +- doublet so that the beam-of-light diameter inside the lens element of the aforementioned +- doublet may exceed 80% of the maximum beam diameter.

[Claim 24] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 23 characterized by inserting a reflecting prism in order to reflect a beam of light between a body and a concave mirror.

[Claim 25] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 24 characterized by being designed so that it may be used with light (248nm or 193nm), and for said 1st lens ingredient being quartz glass, and said 2nd lens ingredient being a calcium fluoride.

[Claim 26] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 24 characterized by the 1st lens ingredient being a calcium fluoride.

[Claim 27] A projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 26 characterized by arranging only one lens between a body and the 1st deflection element.

[Claim 28] The projection exposure lens according to claim 27 with which the ratio of the focal distance of said lens before said 1st deflection mirror to the distance from said lens to said concave mirror is characterized by being 15 (+/-)% of within the limits.

[Claim 29] The projection aligner characterized by having an excimer laser, a lighting

system, a mask handling positioning system, a projection exposure lens given in claim 1 thru/or at least 1 term of 28, and a wafer handling positioning system.

[Claim 30] The approach characterized by producing a micro structure device with lithography using a projection aligner according to claim 29.

[Claim 31] The approach according to claim 30 characterized by using a step-and-repeat exposure method, a scan exposure method, or a stitching exposure method.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the KATADIOPUTORIKKU projection optical lens which equips a detail with body side catadioptric **, medium image lens system, and refraction lens system which are used with such a projection aligner about the projection exposure lens in projection aligners, such as a wafer scanner used in order to manufacture a semiconductor device or other micro structure devices with photolithography, and a wafer stepper.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although U.S. Pat. No. 4779966 of Friedman shows the example in early stages of such a lens, catadioptric ** is arranged in this case at an image side. It explains how this patent was developed based on the principle of the achromatic lens of Schupmann. The technical problem of this patent is avoiding the 2nd lens ingredient, therefore constituting all lenses from quartz glass. The light source is not specified but bandwidth is restricted to 1nm.

[0003] There is U.S. Pat. No. 5052763 (Europe patent No. 0475020) of Singh as another example. In this case, it needs to be independently amended mostly by each subsystem, therefore catadioptric ** is a system of 1:1, and, as for unusual aberration, it is desirable not to arrange a lens between a body and the 1st deflection mirror. Shell is arranged in the deflection mirror between the 1st deflection mirror and concave mirror in a near location. All the above-mentioned examples show only the quartz-glass lens. NA is extended to 0.7 and the light source of 248nm excimer laser or others is proposed. Narrowing width of face of a laser beam as sufficient approach avoiding the color correction by using the lens ingredient with which some differ is proposed.

[0004] There is Takahashi's U.S. Pat. No. 5691802 as another example. In this case, the 1st optical element group which has forward refractive power is required between the

1st deflection mirror and concave mirror. This is a configuration for reducing the diameter of a mirror, therefore this positive lens is located near the 1st deflection mirror. All the above-mentioned examples are much CaF₂. The lens is shown.

[0005] as another example -- Takahashi's Europe patent 0736789th -- there is No. A. In this case, in order to reduce the diameter of a concave mirror too, three lenses which have ++ refractive power are arranged between the 1st deflection mirror and concave mirror. Therefore, the 1st positive lens is located quite near the 1st reflecting mirror. Too, it is much CaF₂ because of achromatism. The lens is used.

[0006] the German patent 19726058th of OMURA -- the reduction percentage of catadioptric ** is $0.75 < \beta_1 < 0.95$, and No. A explains the system by which a certain relation about the geometric configuration of this system is also established. Too, it is much CaF₂ because of achromatism. The lens is used.

[0007] About the pure dioptric lens of a micro lithography projection exposure system, the lens design which expands the width of face of a beam of light twice is known well. For example, please refer to Glatzel, E., and Zeiss work "Information 26 (1981), No. 92, 8 pages, or 13 pages." The latest example of a projection lens equipped with such a +++ lens group is indicated by the Europe patent No. 0770895 of MATSUZAWA and SUENAGA.

[0008] However, the refraction partial objective lens of the known general-purpose type KATADIOPUTORIKKU lens of this invention shows the much easy configuration.

[0009] The content of these documents coalesces in this description by citation. This content gives the background and environment of a system by this description.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The object of this invention is CaF₂ in quantity and a quality side. It is acquiring the catadioptric optical system of big numerical aperture, the big image surface, sufficient laser bandwidth, and the new configuration principle that enables a stable configuration with rigidity which took the current limit to availability into consideration. This invention is effective in a DUV projection lens, and gives the foundation of the lens only for 1 ingredients for VUV (157nm).

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned technical problem, according to this invention, it is a projection exposure lens containing the lens which was equipped with body side catadioptric optical system, the medium image lens system, and the refraction lens system, and was formed with the 1st ingredient, and the lens formed with the 2nd ingredient, and is characterized by four or less things for

which three or less lenses are preferably formed with said 2nd ingredient.

[0012] An advantageous version will be obtained if the description of subordination claim 8 thru/or one or more claims of 28 is included.

[0013] The advantageous projection aligner of claim 29 is obtained by building claim 1 thru/or the projection exposure lens by at least one of 28 into known equipment.

[0014] The approach (claim 30) of producing a micro structure device with lithography by this invention is characterized by using the projection aligner by claim 29 to precede. Claim 31 gives the advantageous mode of this approach.

[0015] This invention will be more nearly thoroughly understood from the drawing of the detailed explanation given to below and attachment. This explanation and drawing are given only as an example, and it should not be considered that they are what restricts this invention. Other applicability of this invention will become clear from the detailed explanation given to below. However, although this detailed explanation and detailed specific example show this contractor the desirable operation gestalt of this invention from detailed explanation since various modification and corrections of the meaning of this invention and within the limits become clear, please understand being given only as an example.

[0016]

[Embodiment of the Invention] The projection aligner roughly shown in drawing 1 contains the excimer laser 1 which has the configuration 11 which narrows bandwidth moderately. A lighting system 2 generates a large visual field, is illuminated keenly and dramatically by homogeneity, and has the selected lighting mode in accordance with the requirements for a tele cent rucksack of a projection lens. Such the mode is good with the lighting, annular lighting, or 4 pole lighting of a conventional type of adjustable coherence.

[0017] The variation rate of the mask 3 is carried out in a lighting field by the mask maintenance handling system 31. In the case of a wafer scanner projection aligner, the mask maintenance handling system 31 contains a scan driving gear. According to this invention operation gestalt explained in detail below, the KATADIOPUTORIKKU projection exposure lens 4 is located behind a mask 3.

[0018] This lens 4 generates the cutback scale image of a mask 3 on a wafer 5. A wafer 5 is held and operated with a unit 51, and is scanned eventually.

[0019] All systems are controlled by the control unit 6. The approach which such a unit and it use is known in a micro lithography projection exposure technical field.

[0020] By the high throughput, however, about exposure of the structure in a method with a resolution of about 0.2 micrometers or less It operates on the excimer laser

wavelength of 193nm which has available bandwidth (they are 15pm(s) at 193nm) rationally. It operates also on the excimer laser wavelength of 248nm or 157nm eventually, and operates with 0.65 thru/or high image side [0.8 or more] numerical aperture. For example 7x20 thru/or various projection exposure lenses which can operate using the quite big rectangle or the circular scan image surface of 2 10x30mm are demanded.

[0021] Catadioptric ** of the class quoted above is fundamentally suitable for this.

[0022] However, according to this invention, it has become clear that some means and the descriptions improve these systems.

[0023] The example shown in the sectional view of drawing 2 has lens data given to a table 1, and only quartz glass is being used for it. Since only one lens ingredient is used, this design can suit other wavelength, such as 248nm and 157 etc.nm, easily.

[0024] It is possible to be able to access the medium image IMI freely, therefore to insert a field diaphragm easily. Aperture-diaphragm AP is located between the lens front face 239 and the lens front face 240, and can also access aperture-diaphragm AP easily.

[0025] The geometric configuration is defined by the requirements which separate the beam of light with which the deflection mirrors DM1 and DM2 in catadioptric ** CS face to a concave mirror 209, and the beam of light by which it comes from a concave mirror 209, and the requirements which prepare the path clearance from lenses 201 and 202. If **** of a mirror DM 1 differ, 45 degrees has them, so that a beam deflection include angle may become larger than 90 degrees. [advantageous] In this case, the large path clearance for beams of light to the big free working distance and the 1st lens element 201 and 202 can be secured, and sufficient path clearance from the body flat surface 0 of the lens-barrel of catadioptric ** CS is obtained.

[0026] The configuration of the deflection mirrors DM1 and DM2 of two sheets makes possible a straight-line-like optical axis and the parallel situation of the zero flat surface 0 and an image plane IM, namely, makes a mask and a wafer parallel, and enables it to scan them easily. However, one deflection mirrors DM1 and DM2 can be canceled, or it can exchange for the deflection mirror in the space of the between in [226] a dioptric lens RL (for example, the lens front face 225 and a lens front face) eventually. It is clear that a deflection mirror is also exchangeable for other deflection optical elements (for example, the prism of the operation gestalt 6 or other deflection optical elements).

[0027] The moderate positive lenses 201 and 202 are arranged near the zero flat surface 0 in an one-pass beam field. The focal distance of this lens is almost equal to distance from that concave mirror 209. For this reason, a concave mirror 209 is located in a pupil flat surface, therefore a required diameter is stopped to the minimum.

[0028] The 2nd positive lens is arranged between the deflection mirrors DM1 and DM2 and concave mirrors 209 in a duplex pass field. CaF₂ strongly restricted with a lens, i.e., heterogeneity etc., Since priority is not given to miniaturizing a unit on the diameter of 200mm thru/or the production conditions of a 300mm concave mirror unlike the constituted lens, in order to reduce the radius of a concave mirror 209, it is not necessary to use these positive lenses 203 and 204. This positive lens is located in the location where the distance to a concave mirror 209 becomes shorter than the distance to the 1st reflecting mirror DM 1, and is located in the optimal location for suppressing an image formation error further to the minimum.

[0029] the negative meniscus lens 205 of two sheets, and 206; -- 207 and 208 collaborate with a concave mirror 209 in a known approach, enlarge whenever [incident angle], and strengthen strength, therefore the amendment effect of a concave mirror 109 for a bow.

[0030] As an important thing, the number of the lenses in the double pass field of catadioptric ** CS is restricted to 3. This is because it is counted by the duplex about system energy transfer and wave-front debasement in this case, without all lenses making the degree of freedom about amendment increase.

[0031] & catadioptric ** CS -- a part of total reduction percentage $\beta = 0.25$ -- give $\beta_{CS} = 1.008$.

[0032] Preferably, field-diaphragm FS is inserted in the medium image plane IMI, and the stray light decreases conveniently by it.

[0033] The dioptric lens RL located behind the medium image IMI is a lens of a design more elaborate than the conventional technique. This dioptric lens has high quality like the projection exposure lens which has sufficient refractive power developed recently.

[0034] It will be understood that 5 lens groups designs known for the advanced refraction micro lithography lens design equipped with the two waists and three Bury containing a +--+ lens in a sequence are used. the first two negative meniscus lenses 220 of the couple, as for the two waists W1 and W2, a convex turns [couple] to an outside, respectively although not expressed very (the lens front face 210 219 and 224 thru/or 227) so strongly, 221; 222, 223 and 228, and 229; -- 230 and 231 are established notably.

[0035] For example, in order to make the numerical aperture of an image domain increase, it is known by incorporating more lenses that these lens groups in the waists W1 and W2 can be further raised like other lens groups.

[0036] The field lens group FLG (the lens front face 210 thru/or 219) of the forward refractive power changed into the chief ray which converges the chief ray which will

emit a dioptric lens RL if it thinks from other viewpoints, It consists of lens elements containing the ***** focusing lens group FOG (the lens front face 232 thru/or 251) which generates required big numerical aperture, and several sets of negative meniscus lenses (W1, W2) which countered mutually and have been arranged especially arranged in the medium which amends an image formation error.

[0037] +- refractive-power doublet which has a front face 235 238 and 239 thru/or 242 is important when obtaining large spectrum bandwidth, amending color fluctuation of spherical aberration, i.e., the main residual aberrations in such a design, good. + It has become clear that the alternative configuration of - refractive-power doublet produces much poor color fluctuation of spherical aberration. In this case, the value of 0.35 micrometers is acquired with 15pm laser bandwidth.

[0038] This example of drawing 2 is 30x7mm² which is separated from a shaft 6mm using an excimer laser with a bandwidth of 0.015nm. It is suitable on the rectangular image surface printing a micro structure in the resolution of less than 0.2 micrometers.

[0039] Drawing 3 and a table 2 show a design deformation gestalt. Although the catadioptric optical system CS is almost the same as a front example, its reduction percentage is smaller than 1 in this case at $\beta_{CS}=0.944$.

[0040] although the 2nd lens 212 and 213 of drawing 2 is canceled in this dioptric lens -- the thick negative lenses 245 and 246 -- three units 342, 343; 344, and 345; -- it is divided into 346 and 347.

[0041] In this case, the element which has two lenses 342 and 343, i.e., front faces, and 348 and 349 is also CaF₂. It is constituted. Compared with the diameter of about 250mm of the greatest lenses 332 and 331, the diameter of about 205mm of these two lenses and about 165mm are 0.81 times and less than 0.67 times. Therefore, the diameter of these lenses is not too large and effective production is guaranteed.

[0042] Moreover, both these lenses are arranged near the image plane after the 3rd Bury in the focusing beam of light in the 5th lens group. These lenses are assistance [achromatism]. Other descriptions are considerably similar to the description of the example of drawing 2 including the +- doublet 332 thru/or 339.

[0043] Drawing 4 and a table 3 show other examples of the catadioptric optical-system lens by this invention.

[0044] In this case, the catadioptric optical system CS shows the major change, and all the lenses in a duplex pass field are combined with the single lens group of the next door of a concave mirror 411. This lens group contains positive lenses 403 and 404, three negative lenses 405, or 410. If such a negative lens is changed into three sheets from two sheets, whenever [beam angle] will become large more smoothly, therefore

amendment will be optimized. Therefore, the structure of the lens-barrel of the catadioptric optical system CS is simplified. A lens 403 thru/or 410, and a mirror 411 can be attached in the compact unit of the structure of a conventional type as known for the refraction projection exposure lens. A heatproof [which consisted of for example, a fiber compound, glass ceramics, or bimetal compound structure] tubular object can tie a long distance of even the deflection mirrors DM1 and DM2.

[0045] In this case, positive lenses 403 and 404 consist of fluorites (for example, diameter of about 200mm), therefore help achromatism. It is important that achromatism good enough is performed with a total of three sheets thru/or four lenses at the maximum in this fundamental design in this invention.

[0046] The reduction percentage of this catadioptric ** is $\beta_{CS}=0.931$. A refraction lens system is constituted like the refraction lens system of a table 2.

[0047] The 4th operation gestalt is shown in drawing 5 and a table 4.

[0048] Also in this case, catadioptric ** CS is CaF₂. An element is not included. The fundamental structure of this system containing the compact unit of one positive lens (503 504), three negative lenses (505-510), and a concave mirror 511 is the same as the 3rd operation gestalt. Reduction percentage β_{CS} is 0.961 in the most desirable range.

[0049] The dioptric lens RL of an overall design is the same as that of the above-mentioned example. However, an activity of a CaF₂ lens element gives a new property. although the lens elements 544 and 545 perform achromatism by the known approach -- two lenses 552 of the next door of an image plane IM, and 553; -- 554 and 555 -- CaF₂ The reason to be used differs from this.

[0050] In this case, CaF₂ The reason to be used is reducing the degradation effectiveness by "compression." This effectiveness is dramatically strong with the quartz-glass lens which has high light reinforcement, and (generated for the narrow scan image surface of width of face) strong symmetric property on 193nm wavelength, and weak much with CaF₂ lens (or other crystal ingredients).

[0051] The overall die length of a body 0 to the image IM is 1455mm, and the crookedness from the shaft of a concave mirror 511 is 590mm. The diameter of a concave mirror 511 is 250mm, and the maximum lens diameter (with lenses 534 and 535) within the refraction lens system RL is 240mm. CaF₂ When the diameters of a lens are 195mm (544 545), 135mm (552 553), and 85mm (554 555), the dimension of this configuration is dramatically good. When it is $\lambda=193\text{nm}$, 15pm bandwidth, reduction percentage 0.25, and numerical aperture 0.7, it is 2 26x9mm. Image formation of the rectangular image surface is carried out in resolution higher than 0.20 micrometers.

[0052] The 5th operation gestalt is shown in drawing 6 and a table 5. For this operation

gestalt, only the last two lenses C1 and C2 (656 655; 654 657) in order to reduce long-term degradation by quartz glass being compressed under 193nm radiation are CaF₂. It is CaF₂ although constituted. In order to be achromatism, it differs from the operation gestalt 4 in that it is not used.

[0053] catadioptric ** CS -- the distance B to a concave mirror -- receiving -- f -- it consists of field lenses 601 and 602 which have 'the focal distance f which has the relation of $f/B=1.004$ '.

[0054] The deflection mirror DM 1 deflects an optical axis. The normal of a deflection mirror inclines only 50 degrees to an optical axis. The beam path clearance from field lenses 601 and 602 with usual [better than 45 degrees] is given by this.

[0055] Positive lenses 603 and 604 are combined with three negative lenses 605-610 and a concave mirror 611, and a compact unit is formed. Distance DM 1-603 is 432mm, and it is the distance DM 1-611 to a concave mirror. It is 72 597mm%.

[0056] There are reduction percentage $\beta_{CS}=0.9608$ of catadioptric optical system within desirable limits near 1. In this range, while the achromatism effectiveness of a concave mirror is most often demonstrated, other image formation effectiveness (for example, bow of the image surface) is maintained low. The forward effectiveness over Petzval's sum is dramatically good.

[0057] However, the concept (Singh quoted above) of abnormality aberration amendment is not used. In the medium image plane IMI, the value 0.1724 of a coma and the value -0.0833 of distortion have far exceeded good correction value, and the coma (-0.00098) of the last image plane IM and distortion (-0.000115) are amended very well like other typical errors to it.

[0058] Field-diaphragm FS in the medium image plane IMI intercepts advantageously the stray light which has an adverse effect.

[0059] According to this invention, catadioptric ** was designed as a small configuration using very few elements, and the function has focused on implementation of the effectiveness over the achromatism of a concave mirror 611, and Petzval's sum.

[0060] Detailed amendment is performed in the range of the refraction lens system RL. This refraction lens system consists of a field lens group FL (a front face 612 thru/or 621) and a focusing lens group FG (a front face 634 thru/or 655). The correcting lens element containing two pairs of negative meniscus lenses 622-625 which counter, and 630-633 is inserted among the above-mentioned lens groups. These lens elements form two beam waists W1 and W2. Therefore, the +--+5 lens group design known for the advanced refraction projection exposure lens is established.

[0061] The focusing lens group FG is equipped with the system aperture AP and two --

refractive-power lens groups PG1 and PG2 which have the above-mentioned advantage.

[0062] Achromatism CaF₂ Two lenses C1 and C2 (652-655) located next to an image plane IM like the operation gestalt 4 although a lens is not prepared are CaF₂ at the above-mentioned reason for avoiding compression. It is constituted.

[0063] When die-length O-IM is 1400mm and the horizontal crookedness to a concave mirror 611 is 590mm, the diameter of a concave mirror 611 (and nearby lenses 609 and 610) is restricted to 252mm, and the diameter of the greatest lenses 636 and 637 of the refraction lens system RL is 240mm to it, and it is CaF₂. The diameters of a lens are 130mm (C1) and only 85mm (C2).

[0064] Therefore, the requirements for production of avoiding an extreme diameter are fully satisfied.

[0065] Drawing 7 shows the residual image formation error which restricts the $\lambda = 193.30\text{nm} \times 0.015\text{nm}$ vertical spherical aberration and its color fluctuation in the case of this operation gestalt 5, i.e., the above engine performance of this system.

[0066] $\lambda = 193.3\text{nm}$ [which has the bandwidth of 15pm(s)] when an excimer laser with narrow width of face is used moderately, it will be understood that the image formation of the image surface with a rectangle of 26x9mm can be carried out in resolution better than 0.2 micrometers.

[0067] The 6th operation gestalt is shown in drawing 8 and a table 6. In this case, polarizing prism DP which deflects an optical path to the direction of a concave mirror 711 is inserted.

[0068] Since diffusion becomes weak rather than the time of the stray light inside prism DP being in air (or nitrogen or helium), only a certain amount can increase visual field size, without introducing the vignetting of the beam of light by the prism edge. The correction on this design becomes more important, as numerical aperture becomes high. The vignetting of a beam of light restricts which [big] visual field size with can be dealt with with a fold-up element, and, in the case of the required given image surface, all lens diameters are dramatically desirable [a vignetting] at various reasons in comparatively small buildup including becoming small depending on the case of visual field size. It has become clear that it is not appropriate for 2nd Flatt Miller DM 2 to try this. Drawing 8 shows a deflection mirror field and gives the instantiation lens data about a perfect system to a table 6. It can also help for this prism configuration to extend the free working distance, or to use other **** (for example, 45 degrees).

[0069] The design data is given to a table 7 and the operation gestalt 7 shows the possible escape of an image with quite bigger horizontal numerical aperture than the value 0.7 of other examples. This kind of lens does not receive a limit for value NA=0.8,

either. The special drawing for explanation is not needed by the overall configuration like the configuration given with other operation gestalten therefore.

[0070] The operation gestalt 8 which has lens data of a table 8 is the purity CaF_2 for 157nm wavelength as an example which shows that the design of this invention can be used with VUV wavelength. A design is given. The overall configuration is dramatically similar to drawing 6 .

[0071] The combination of the description charged except the above having explained clearly is also within the limits of this invention.

[0072] It is thoroughly proved by the operation gestalten 1 and 8 that a Schupman achromatic lens can be used for the achromatism only using one lens ingredient. Therefore, this operation gestalt 8 shows 1st 157nm design of the Schupman achromatic lens suitable for VUV lithography. This design is further optimized by inserting the aspheric surface and as a result reducing the numbers and thickness of a lens.

[0073] In order to avoid compression, the new mode which uses the 2nd ingredient for a lens is given by the operation gestalt 4 thru/or 7.

[0074] When simplifying achromatism by using the 2nd ingredient, it is enough, if the element of a decimal is in the emergency which consisted of this ingredient as shown in the operation gestalten 3, 4, 6, and 7.

[0075] Preferably, the lens between a deflection element and a concave mirror is arranged as a compact unit with a deflection element and a concave mirror like the operation gestalt 3 thru/or 8. all lenses -- the distance from a concave mirror -- the distance from a deflection element -- large -- carrying out -- the minimum distance of these lenses -- the -- maximum thickness -- with, the bottom -- it is (both the minimum distance and the maximum thickness are measured on a diameter) -- or the die length of a compact unit does not exceed the diameter, but exceeds only at least 50% or less. The advanced design of the shown refraction lens system enables good amendment with the image side numerical aperture from which the range of 0.65 thru/or 0.85 was increased.

[0076] Although the example of an exposure scanning mode was given, this invention is useful also to step-and-repeat one or stitching. Stitching makes a small optical instrument possible especially.

[0077]

Table 1 $\lambda = 193.3\text{nm}$ $\beta = 0.25$ $\text{NA} = 0.7$ No. A radius Thickness Glass 0 Infinity
40.000201 433.823 20.000 SIO2202 Infinity 76.000DMs1 Infinity 286.798 The include
angle of 50.5 degrees 203 371.257 25.000 SIO2204 855.824 216.212205 · 242.813 15.000
SIO2206 · 957.702 29.987207 · 191.563 15.000 SIO2208 · 420.744 12.000209 267.741 A
reflector (203) 281.798DMs2 Infinity 141.534 include-angle 39.5 degree210 341.605

45.000 SIO2211 - 302.390 0.266212-314.725 15.000 SIO2213 - 535.921 21.847214 - 293.712 15.000SIOs2215 242.074 2.808216 253.649 50.000 SIO2217 - 418.7161.000218 387.621 32.000 SIO2219 Infinity 23.536220 338.439 20.000SIOs 2221180.073 56.252222 - 200.452 17.000 SIO 2223-406.872 1.000224 830.48535.000 SIO2225-406.246 137.396226 564.466 32.000 SIO2227 - 1292.800 1.000228 288.764 22.000 SIO 2229169.297 57.016230 - 189.642 28.572 SIO2231 - 398.135 81.777232 - 476.268 32.000 SIO2233 - 238.618 1.000234 505.684 17.000 SIO2235 259.770 13.056236 455.638 38.000 SIO2237-469.418 1.000238 236.178 15.000 SIO2239=AP 145.030 2.543240 149.636 45.000SIOs2241 1347. 200 1.000242138.086 29.000 SIO2243 273.919 16.837244 -2450.800 36.643 SIO2245 114.868 12.598246 183.269 33.000 SIO2247 - 427.093 0.100248 119.177 56.567 SIO2249 352.582 0.100250 176.817 42.544 SIO 2251-263.402 15.000IM Infinity 0.000 [0078]

Table 2 lambda= 193.3nm beta=-0.25 NA=0.7No. A radius Thickness Glass 0 Infinity 40.000301 501.959 20.000 SIO2302 6701. 736 83.000DMs1 Infinity The include angle of 53.00 degrees 303 - 477.089 SIO2304 - 5445.982305 282.396 SIO2306 1204.642307 216.126 SIO2308 519.194309 298.619 Reflector (303)

DM2 Infinity The include angle of 37.00 degrees 310 - 277.399 SIO2311 876.072312 384.127 SIO2313 - 245.187314 - 297.630 SIO2315 778.473316 -422.020 SIO2317 945.111318-336.194SIO2319 - 169.717320 208.247 SIO2321 414.789322 -639.842 SIO 2323420.685324-508.419 SIO2325 1843.176326 - 315.017 SIO2327 - 182.247328197.495 SIO 2329764.726330 572.623 SIO2331 246.349332 - 592.087 SIO2333 - 240.082334 - 314.738 SIO2335 745.437336 - 219.102 SIO2337 - 178.632338 - 269.565 SIO2339=AP -8665.509340 - 165.739 SIO 2341-378.291342 - 5121.046 CAF2343 457.764344 511.311 SIO 2345-143.061346 - 134.125 SIO2347 -125.446348 - 158.475 CAF2349 451.948350-122.592 SIO2351 -830.354352 -374.272 SIO2353 500.000IM infinity [0079]

Table 3 lambda= 193.3nm beta=-0.25 NA=0.7No. A radius Thickness Glass 0 Infinity 40.000401 441.354 20.000 SIO2402 - 3082.575 82.000DMs1 Infinity 404.580 The include angle of 51 degrees 403379.755 40.000 CAF2404 - 503.571 10.819405 - 538.291 15.000 SIO2406 - 11216.000 23.000407 -289.982 15.000SIOs2408 1481. 37335.434409-212.610 15.000 SIO2410 - 422.622 10.747411 281.484 10.747 reflectors (403) 391.580DMs2 Infinity 95.000 The include angle of 39 degrees 412304.777 35.000 SIO2413 - 414.139 36.096414-217.633 15.000 SIO2415 291.419 15.871416 372.43148.000 SIO 2417-351.209 1.000418 478.050 34.000 SIO 2419-840.313 52.353420336.231 20.000 SIO2421 175.364 55.562422 - 230.487 17.000 SIO2423 - 430.797 1.000424 648.294 40.000 SIO2425 - 404.757 99.810426 527.06630.000SIO2427 - 13296.0001.000428 288.592 22.000SIO2429 167.355 54.577430 -201.179 20.000 SIO

2431-801.011 103.872432 -585.801 36.000 SIO2433 -252.132 1.000434 457.102 17.000
 SIO2435 260.610 9.580436 343.579 43.000 SIO2437 -739.447 1.000438 226.319
 18.500SIOs2439 173.228 16.103440272.220 34.000SIO2441=AP -7972.902 1.000442
 165.06734.000SIO2443 374.04012.889444 2219.918 22.000 CAF2445 -490.695 0.100446
 - 715.705 12.000 SIO 2447134.285 0.100448 123.90736.879SIOs2449 111.965 9.498450
 147.332 35.000 CAF2451 - 967.651 0.100452 115.241 69.555SIO2453 921.256 0.100454
 294.383 28.447 SIO2455 -500.000 15.000IM infinity [0080]

Table 4 lambda= 193.3nm beta=-0.25 NA=0.7No. A radius Thickness Glass 0 Infinity
 35.000501 407.048 16.000 SIO2502 - 85814.000 82.000DMs1 Infinity 431.676
 Include-angle 50 degree503 524.134 35.000 SIO2504 - 657.304 8.785505 - 587.479
 15.000 SIO2506 1940. 811 25.643507 -324.153 15.000SIOs2508 - 23676.000 37.709509 -
 201.728 15.000 SIO2510 -422.094 12.854511 282.375 A reflector (503) 422.676DMs2
 Infinity 110.772 The include angle of 40 degrees 512373.692 35.000 SIO2513 -410.297
 50.772514 - 222.817 15.000 SIO2515 317.101 6.370516 349.335 48.000 SIO
 2517-362.479 1.000518 729.698 34.000 SIO2519 -931.01957.653520 371.363
 20.000SIO2521 210.389 53.764522-248.647 17.000 SIO2523 - 428.501 1.000524937.198
 40.000 SIO2525 - 388.007 113.824526 567.461 30.000SIOs2527 - 4351.070 1.000528
 282.352 -22.000 SIO2529 185.586 56.362530 -234.431 20.000 SIO2531 - 557.904
 132.665532 - 408.165 35.442SIO2533-266.966 1.000534 404.076 17.000 SIO2535
 238.987 14.763536379.049 43.000 SIO2537 -737.556 1.000538 245.637 18.500 SIO2539
 178.878 12.206540 245.508 34.000 SIO2541 2061. 364 10.000AP Infinity 0.000542
 168.071 34.000 SIO2543 473.781 9.798544 1851. 461 22.000 CAF2545 - 494.253
 0.100546 -719.297 12.000 SIO2547 132.8140.100548 127.155 34.780 SIO 2549118.260
 11.187550 169.575 35.000SIOs2551 - 844.545 0.100552 111.623 74.968 CAF2553
 1756.260 0.100554239.829 26.117 CAF2555 -500.000 15.000IM Infinity 0.000 [0081]

Table 5 lambda= 193.3nm beta=-0.25 NA=0.7No. A radius Thickness Glass 0 Infinity
 35.000601 443.397 16.000 SIO2602 - 3263.101 82.000DMs1 Infinity 431.967 The
 include angle of 50 degrees 603510.641 35.000 SIO2604 - 953.685 12.327605 - 534.546
 15.000 SIO2606 1546. 359 27.623607 -295.422 15.000SIOs2608 - 1911.545 32.819609 -
 212.072 15.000 SIO2610 -404.269 12.229611 279.883 A reflector (603) 422.967DMs2
 Infinity 109.448 The include angle of 40 degrees 612338.847 28.000 SIO2613 -769.850
 31.900614 1373. 814 18.000 SIO2615 -915.108 37.909616-239.573 15.000 SIO2617
 279.202 6.538618 301.416 46.477 SIO2619 - 437.969 1.000620 722.212 30.074 SIO
 2621-1063.807 23.211622 381.419 19.000 SIO2623 193.859 52.872624-235.061 17.000
 SIO2625 - 412.453 1.000626 990.052 40.000 SIO2627 -337.53095.112628 529.636 30.000
 SIO2629 - 0.2081.000630 264.737 20.000 SIO 2631173.477 55.898632-213.164 19.000

SIO2633 - 478.343 127.971634-384.253 29.998 SIO 2635-241.972 1.000636 381.178
 17.000 SIO2637 218.85811.314638 296.282 43.000 SIO 2639-966.118 1.000640 230.570
 18.500 SIO2641 172.880 14.657642 271.493 30.000 SIO2643 - 49526.000 4.000AP
 Infinity 0.000644 156.048 36.000 SIO2645 474.86012.986646 - 4892.676 20.000
 SIO2647 - 452.665 0.100648 - 711.904 34.541 SIO2649 122.051 9.933650 171.475
 33.021SIOs2651 - 967.3180.100652 112.494 72.297CAF2653 3642.643 0.100654 250.427
 26.033 CAF 2655-500.000 15.000IM Infinity 0.000 [0082]

Table 6 lambda= 193.3nm beta=-0.25 NA=0.7No. A radius Thickness Glass 0 Infinity
 35.000701 396.818 16.000 SIO2702 -411120.000 1.000DP Infinity 85.500 SIO2DP
 Infinity 435.933 The include angle of 50 degrees 703 559.897 35.000 SIO2704 - 763.942
 2.707705 - 627.112 15.000 SIO 27062056.900 24.065707 - 323.749 15.000 SIO
 2708-4114.500 41.268709 - 197.452 15.000 SIO2710 - 416.693 13.024711 278.696
 reflectors (703) 420.933DMs2 Infinity 84.857 Include-angle 40 degree712 391.689
 35.000 SIO2713 - 391.139 54.674714 -217.120 15.000 SIO 2715328.292 6.584716
 363.974 48.000 SIO2717 -352.09211.973718 753.003 34.000 SIO2719 -915.634
 62.045720 369.054 20.000 SIO 2721218.165 56.274722-247.87217.000SIO2723 -
 420.231 1.000724 970.166 40.000 SIO2725 - 383.655 110.429726 556.298 30.000
 SIO2727 - 5145.200 1.000728 275.093 22.000SIO2729 186.724 57.861730 - 249.939
 24.499 SIO2731 - 573.695 138.278732-424.514 35.114 SIO2733 -274.834 1.000734
 391.263 17.000 SIO2735 226.128 16.728736 383.272 43.000 SIO2737 - 863.203 1.000738
 239.284 18.500 SIO2739 178.197 11.299740 237.727 34.000 SIO2741 1618. 000
 10.000AP Infinity 0.000742 165.688 34.000 SIO2743 445.266 9.217744 1247. 900 22.000
 CAF 2745-503.423 0.000746 - 771.731 12.000 SIO2747 131.678 0.100748 124.87229.133
 SIO2749115.885 13.283750 179.986 35.000 SIO2751 - 802.711 0.100752 110.497
 77.422CAF2753 2393.500 0.100754 234.953 25.804 CAF2755 -500.000 15.000IM
 Infinity 0.000 [0083]

Table 7 lambda= 193nm beta=-0.25 NA=0.8No. A radius Thickness Glass 0 Infinity
 35.000801 355.625 15.000 SIO2802 Infinity 84.000DMs1 Infinity 393.919 The include
 angle of 50 degrees 803 621.321 30.000 SIO2804 17349. 000 15.577805 - 522.771 15.000
 SIO2806 7450.061 28.795807 -279.969 15.000 SIO2808 - 692.552 26.633809 -231.205
 15.000 SIO2810 -419.760 13.994811 283.256 reflector (803) 384.919DM2 Infinity
 103.131 The include angle of 40 degrees 812 363.520 35.000 SIO2813 - 312.546
 19.745814 - 203.460 15.000 SIO2815 417.901 4.913816 637.371 44.999 SIO
 2817-299.660 1.000818 670.513 36.000 SIO2819 - 607.949 99.443820 409.543 20.000
 SIO2821 184.175 56.726822 - 190.739 18.000 SIO2823 - 300.6661.0008242541.548
 35.000 SIO 2825-423.211 82.343826529.976 40.000 SIO 2827-575.433 1.000828 338.904

22.000SIO2829 161.992 77.036830 - 180.232 20.000 SIO 2831-286.886 60.230832 1358.
 390 50.000 SIO2833 - 310.335 1.000834 299.546 17.000 SIO2835 185.330 22.475836
 318.393 15.000 SIO2837 240.343 11.470838 351.936 35.000 SIO2839 -1892.9721.000840
 241.744 18.500SIO2841201.1676.992842233.761 35.000 SIO 28431187.547 0.000AP
 infinity 6.993844 173.633 65.000CAF(s)2845 - 647.630 0.100846 - 1026.314 15.000
 SIO2847 134.041 12.672848 177.508 43.000 SIO2849 - 552.796 0.100850 111.087 82.051
 CAF2851 366.445 0.100852 201.5569.977 CAF2853 Infinity 15.000IM infinity [0084]
 Table 8lambda=157.000nm**2 pm NA=0.7 beta=-0.25No. A radius Thickness Glass 0
 Infinity 35.000901 509.596 16.000 CAF2902 - 1709.182 82.000DMs1 Infinity 430.770
 The include angle of 50 degrees 903 559.504 35.000CAF(s)2904 - 1229.460 18.117905 -
 727.847 15.000CAF(s)2906 1261. 260 27.332907 -297.498 15.000CAF(s)2908 - 1565.150
 32.707909 - 205.835 15.000 CAF2910 -396.253 12.181911 279.103 reflectors phi252mm
 (903) 420.578DM2 Infinity 73.026 Include-angle 40 degreeIMI Infinity 34.034912
 341.070 28.000 CAF2913 - 1505.473 32.408914 969.048 18.000CAF2915
 -805.76437.523916 - 248.947 15.000 CAF2917 286.272 5.893918 307.931 45.973
 CAF2919 - 386.903 1.000920 1003.377 28.290 CAF 2921-945.83920.042922397.781
 19.000 CAF2923 197.943 53.200924 -231.06017.000CAF2925 -406.748 1.000926
 878.953 40.000 CAF2927 - 351.000 100.639928 481.08030.000 CAF2929 11551. 730
 1.000930 282.768 20.000CAF(s)2931 179.880 51.341932 -217.737 19.000 CAF2933 -
 511.417 127.776934-377.857 29.786 phi240mmCAF2935 -241.099 1.000936 377.020
 17.000 CAF2937 218.220 11.262938 299.02043.000CAF(s)2939 - 943.927 1.000940
 228.020 18.500CAF2941 168.921 13.866942 263.149 30.000CAF2943 - 27570.214
 0.752AP Infinity 8.754944 157.192 36.000 CAF2945 476.977 13.281946-5291.918 20.000
 CAF2947 - 428.700 0.100948 - 634.165 34.624 CAF 2949123.520 10.454950 180.781
 33.303 CAF 2951-732.821 0.100952 115.913 72.125CAF2953 3615. 409 0.100954
 308.142 25.802 CAF2955 -500.00015.000IM Infinity ***** CaF2 lambda= 157.002
 157.000 156.998n=1.560047 1.560052 1.560057

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the configuration of the aligner which can apply the catadioptric optical system by this invention.

[Drawing 2] It is the sectional view of the lens configuration of the 1st operation gestalt.

[Drawing 3] It is the sectional view of the lens configuration of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 4] It is the sectional view of the lens configuration of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 5] It is the sectional view of the lens configuration of the 4th operation gestalt.

[Drawing 6] It is the sectional view of the lens configuration of the 5th operation gestalt.

[Drawing 7] It is drawing showing the image formation error of the 5th operation gestalt.

[Drawing 8] They are some outline sectional views of the lens configuration of the 6th operation gestalt.

[Description of Notations]

0 Body

1 Excimer Laser

2 Lighting System

3 Mask

4 Catadioptric Optical-System Projection Exposure Lens

5 Wafer

6 Control Unit

11 Configuration

31 Mask Maintenance Handling System

51 Unit

109 209 Concave mirror

139 140 Lens front face

201 202 1st lens front face

203 204 Positive lens

205, 206, 207, 208, 220, 221, 222, 223, 228, 229, 230, 231 Negative meniscus lens

210-219, 224-227, 232-251 Lens front face

225 226 Lens front face

245 246 Thick negative lens

332 331 The greatest lens

332-339 -+ refractive-power doublet

342, 343, 344, 345, 346, 347 Unit

403 404 Positive lens

405-410 Negative lens

411 Concave Mirror

502 504 Positive lens

505-510 Negative lens

511 Concave Mirror

544 545 Lens element

552, 553, 554, 555 Lens

601 602 Field lens

603 604 Positive lens

605-610 Negative lens

611 Concave Mirror

612-621, 634-655 Front face

622-625, 630-633 Negative meniscus lens

636 637 The greatest lens

654, 655, 656, 657 Lens

711 Concave Mirror

CS Catadioptric optical system

DM1, DM2 Deflection mirror

DP1, DP2 Deflection mirror

FG Focusing lens group

floor line Field lens group

FLG Field lens group

FOG ***** focusing lens group

FS Field diaphragm

IM Image plane

IMI Medium image

RL Dioptric lens

W1, W2 Waist

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-47114

(P2000-47114A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 17/08		G 0 2 B 17/08	A
G 0 3 F 7/20	5 0 2	G 0 3 F 7/20	5 0 2
	5 2 1		5 2 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平11-215160
(22) 出願日 平成11年7月29日 (1999.7.29)
(31) 優先権主張番号 60/094579
(32) 優先日 平成10年7月29日 (1998.7.29)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 391035991
カール・ツァイス・ステイフツング
CARL ZEISS
ドイツ連邦共和国 89518・ハイデンハイム アンデア プレンツ (番地なし)
(72) 発明者 デヴィッド・アール・シェファー
アメリカ合衆国・06430・コネチカット州・フェアフィールド・ドレイク レイン 56
(74) 代理人 100064621
弁理士 山川 政樹

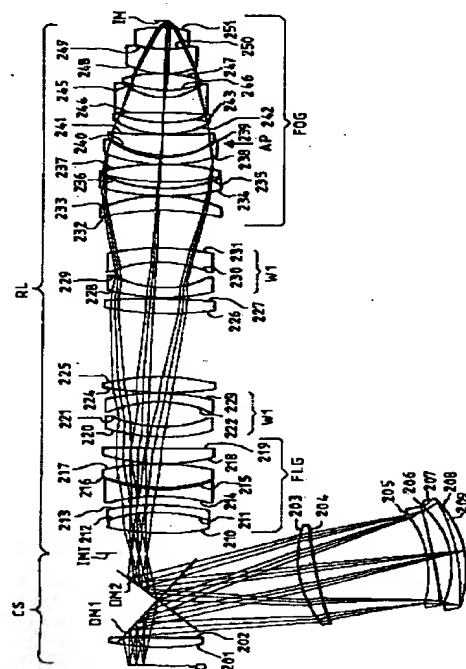
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カタディオプトリック光学系およびそれを有する露光装置

(57) 【要約】

【課題】 大きな開口数、大きな像面、十分なレーザ帯域幅、剛性で安定な構成を可能にする新しい構成原則のカタディオプトリック光学系を得ること。

【解決手段】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系、および屈折レンズ系を備え、第1の材料で形成されたレンズと第2の材料で形成されたレンズとを含むプロジェクション露光レンズであって、4枚以下、好ましくは3枚以下のレンズが前記第2の材料で形成されることを特徴とするプロジェクション露光レンズ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備え、第1の材料で形成されたレンズと第2の材料で形成されたレンズとを含むプロジェクション露光レンズであって、4枚以下、好ましくは3枚以下のレンズが前記第2の材料で形成されることを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項2】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備え、カタディオプトリック系が少なくとも偏向要素と、凹面鏡と、偏向要素と凹面鏡の間のいくつかのレンズとを有するプロジェクション露光レンズであって、凹面鏡、および偏向要素と凹面鏡の間に配置されたすべてのレンズが、小型ユニットとして配置され、好ましくは、前記任意のレンズから偏向要素までの距離がこのレンズから凹面鏡までの距離よりも大きいことを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項3】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備え、カタディオプトリック系が少なくとも偏向要素、凹面鏡、およびいくつかのレンズを有するプロジェクション露光レンズであって、カタディオプトリック系が、物体と第1の偏向要素との間に少なくとも1枚の正のレンズを有し、かつ第1の偏向要素と凹面鏡との間に1枚以下の正のレンズおよび3枚以下の負のレンズを有することを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項4】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備えるプロジェクション露光レンズであって、屈折レンズ系が、中間像側から、正の屈折力の第1のレンズ群と、負の屈折力の第2のレンズ群と、正の屈折力の第3のレンズ群と、負の屈折力の第4のレンズ群と、正の屈折力の第5のレンズ群とを有することを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項5】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備えるプロジェクション露光レンズであって、物体側からのシーケンス内に負屈折力レンズおよび正屈折力レンズを含む少なくとも1つの＋屈折力ダブリットが、前記屈折レンズ系内に配置されることを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項6】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備えるプロジェクション露光レンズであって、前記屈折レンズ系がレンズ群、中間補正レンズ群、集束レンズ群を備えることを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項7】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備えるプロジェクション露光レンズであって、前記カタディオプトリック系が、0.95よりも大きいが1とは異なる結像率を有するこ

とを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項8】 物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備えるプロジェクション露光レンズであって、請求項1ないし7のうちの少なくとも2つの請求項の特徴の組合せを特徴とするプロジェクション露光レンズ。

【請求項9】 屈折レンズ系が少なくとも一对のメニスカス・レンズを含み、中間像側メニスカス・レンズの凸面が中間像の方を向き、他方のメニスカス・レンズの凸面が反対の方向を向くことを特徴とする請求項1ないし8の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項10】 前記少なくとも一对のメニスカス・レンズが前記補正レンズ群内に配置されることを特徴とする請求項6ないし9に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項11】 前記＋屈折力ダブリットが前記集束レンズ群内に配置されることを特徴とする請求項5および6に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項12】 前記＋屈折力ダブリットが系アパーチャの隣に配置されることを特徴とする請求項5ないし11の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項13】 前記カタディオプトリック系の最大で1枚のレンズが第1のレンズ材料で形成されることを特徴とする請求項1ないし12の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項14】 前記第2のレンズで形成されたレンズの直径が、最大の光学要素の直径の0.85倍を超えないことを特徴とする請求項1ないし13の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項15】 前記第2のレンズ材料で形成されたレンズの直径が220mmを超えないことを特徴とする請求項1ないし14の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項16】 カタディオプトリック系が6枚以下、好ましくは5枚以下のレンズを含むことを特徴とする請求項1ないし15の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項17】 縦色収差が、193nmで帯域幅1pm当たり0.015μm未満であることを特徴とする請求項1ないし16の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項18】 縦色収差が、157nmで帯域幅1pm当たり0.05μm未満であることを特徴とする請求項1ないし16の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項19】 カタディオプトリック系の結像率が0.8よりも大きく、好ましくは0.95よりも大きいことを特徴とする請求項1ないし18の少なくとも一項

に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項20】 屈折レンズ系において、前記第2のレンズ材料で形成されたすべてのレンズが、集束光線内の像平面の隣に配置されることを特徴とする請求項1ないし19の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項21】 両面テレセントリックであることを特徴とする請求項1ないし20の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項22】 屈折サブシステム内に少なくとも1つのビーム・ウェストを有し、前記＋屈折力ダブレットが最後のビーム・ウェストの後方に配置されることを特徴とする請求項5に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項23】 前記＋ダブレットのレンズ要素内部の光線直径が最大ビーム直径の80%を超えるように前記＋ダブレットが配置されることを特徴とする請求項5または22に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項24】 物体と凹面鏡の間で光線を反射させるために反射プリズムが挿入されることを特徴とする請求項1ないし23の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項25】 248nmまたは193nmの光と共に使用されるように設計され、前記第1のレンズ材料が石英ガラスであり、前記第2のレンズ材料がフッ化カルシウムであることを特徴とする請求項1ないし24の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項26】 第1のレンズ材料がフッ化カルシウムであることを特徴とする請求項1ないし24の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項27】 物体と第1の偏向要素との間に1枚のレンズのみが配置されることを特徴とする請求項1ないし26の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項28】 前記レンズから前記凹面鏡までの距離に対する、前記第1の偏向鏡よりも前にある前記レンズの焦点距離の比率が、(+/-)15%の範囲内であることを特徴とする請求項27に記載のプロジェクション露光レンズ。

【請求項29】 エキシマ・レーザ光源と、照明システムと、マスク・ハンドリング位置決めシステムと、請求項1ないし28の少なくとも一項に記載のプロジェクション露光レンズと、ウェハ・ハンドリング位置決めシステムとを備えることを特徴とするプロジェクション露光装置。

【請求項30】 請求項29に記載のプロジェクション露光装置を使用してリソグラフィによってマイクロストラクチャ・デバイスを作製することを特徴とする方法。

【請求項31】 ステップアンドリピート露光方式、走

査露光方式、またはステッチング露光方式を使用することを特徴とする請求項30に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ホトリソグラフィによって半導体素子またはその他のマイクロストラクチャ・デバイスを製造するために使用されるウェハ・スキャナやウェハ・ステッパなどのプロジェクション露光装置内のプロジェクション露光レンズに関し、詳細には、そのようなプロジェクション露光装置で使用される物体側カタディオプトリック系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備えるカタディオプトリック・プロジェクション光学レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】 Friedmanの米国特許第4779966号は、このようなレンズの初期の例を示しているが、この場合、カタディオプトリック系は像側に配置される。この特許がSchupmannの色消しレンズの原則に基づいてどのように開発されたかについて説明する。この特許の課題は、第2のレンズ材料を回避し、したがって、すべてのレンズを石英ガラスで構成することである。光源は指定されず、帯域幅は1nmに限られる。

【0003】 別の例としてSinghの米国特許第5052763号（欧州特許第0475020号）がある。この場合、異常な収差は各サブシステムによって別々にほぼ補正される必要があり、したがって、カタディオプトリック系が1:1の系であり、物体と第1の偏向鏡との間にレンズを配置しないことが好ましい。第1の偏向鏡と凹面鏡の間の、偏向鏡により近い位置にシェルが配置される。上記のすべての例が石英ガラス・レンズのみを示している。NAは0.7に拡張され、248nmエキシマ・レーザまたはその他の光源が提案されている。いくつかの異なるレンズ材料を使用することによる色補正を回避するのに十分な方法としてレーザ光線の幅を狭くすることが提案されている。

【0004】 別の例としてタカハシの米国特許第5691802号がある。この場合、第1の偏向鏡と凹面鏡の間に正の屈折力を有する第1の光学要素群が必要である。これは、鏡の直径を縮小するための構成であり、したがって、この正のレンズは第1の偏向鏡の近くに位置する。上記のすべての例が多数のCaF₂レンズを示している。

【0005】 別の例としてタカハシの欧州特許第0736789A号がある。この場合、やはり凹面鏡の直径を縮小するために、＋＋屈折力を有する3枚のレンズが第1の偏向鏡と凹面鏡の間に配置される。したがって、第1の正のレンズは第1の反射鏡のかなり近くに位置する。やはり、色消しのために多数のCaF₂レンズが使用されている。

【0006】オムラのドイツ特許第19726058A号は、カタディオプトリック系の縮小率が $0.75 < \beta_1 / < 0.95$ であり、この系の幾何形状についてのある関係も確立されるシステムについて説明している。やはり、色消しのために多数のCaF₂レンズが使用されている。

【0007】マイクロソグラフィ・プロジェクション露光系の純粋な屈折レンズについては、光線の幅を2倍に広げるレンズ設計がよく知られている。たとえば、Glatzel, E.、Zeiss著「Information 26 (1981)、第92号、8ページないし13ページ」を参照されたい。このような+++++レンズ群を備えるプロジェクション・レンズの最近の例は、マツザワおよびスエナガの欧州特許第0770895号に記載されている。

【0008】しかし、この発明の汎用タイプの既知のカタディオプトリック・レンズの屈折部分対物レンズは、ずっと簡単な構成を示している。

【0009】これらの文書の内容は引用によって本明細書と合体される。この内容は、本明細書によるシステムの背景および環境を与える。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、数量および品質面でのCaF₂の利用可能性に対する現在の制限を考慮に入れた、大きな開口数、大きな像面、十分なレーザ帯域幅、剛性で安定な構成を可能にする新しい構成原則のカタディオプトリック光学系を得ることである。この発明は、DUVプロジェクション・レンズに有効であり、VUV (157 nm) 用の1材料専用レンズの基礎を与える。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の課題を達成するために、本発明によれば、物体側カタディオプトリック光学系、中間像レンズ系および屈折レンズ系を備え、第1の材料で形成されたレンズと第2の材料で形成されたレンズとを含むプロジェクション露光レンズであって、4枚以下、好ましくは3枚以下のレンズが前記第2の材料で形成されることを特徴とする。

【0012】従属請求項8ないし28の1つまたは複数の請求項の特徴を含めると有利なバージョンが得られる。

【0013】請求項29の有利なプロジェクション露光装置は、請求項1ないし28のうちの少なくとも1つによるプロジェクション露光レンズを既知の装置に組み込むことによって得られる。

【0014】本発明による、リソグラフィによってマイクロストラクチャ・デバイスを作製する方法(請求項30)は、先行する請求項29によるプロジェクション露光装置を使用することを特徴とする。請求項31はこの方法の有利な態様を与える。

【0015】本発明は、以下に与える詳細な説明および添付の図面からより完全に理解されよう。この説明および図面は一例としてのみ与えられており、本発明を制限するものとみなすべきではない。本発明の他の適用範囲は、以下に与える詳細な説明から明らかになる。しかし、当業者には、詳細な説明から本発明の趣旨および範囲内の様々な変更および修正が明らかになるので、この詳細な説明および特定の例が、本発明の好ましい実施形態を示しているが、一例としてのみ与えられていることを理解されたい。

【0016】

【発明の実施の形態】図1に概略的に示すプロジェクション露光装置は、帯域幅を適度に狭くする構成11を有するエキシマ・レーザ光源1を含む。照明システム2は、大きい視野を生成し、鋭く、かつ非常に均一に照明され、プロジェクション・レンズのテレセントリック要件に一致し、選択された照明モードを有する。そのようなモードは、可変コヒーレンスの従来型の照明、環状照明、または四極照明でよい。

【0017】マスク3は、マスク保持ハンドリング・システム31によって照明領域内で変位される。マスク保持ハンドリング・システム31は、ウェハ・スキャナ・プロジェクション露光装置の場合は走査駆動装置を含む。以下に詳しく説明する本発明実施形態によれば、マスク3の後方にカタディオプトリック・プロジェクション露光レンズ4が位置する。

【0018】このレンズ4は、マスク3の縮小スケール像をウェハ5上に生成する。ウェハ5は、ユニット51によって保持され、操作され、最終的に走査される。

【0019】すべての系が制御ユニット6によって制御される。このようなユニットとそれが使用する方法は、マイクロリソグラフィ・プロジェクション露光技術分野では既知である。

【0020】しかし、高スループットで約0.2 μm以下の解像度の方式での構造の露光については、合理的に利用可能な帯域幅(たとえば、193 nmで15 pm)を有する193 nmのエキシマ・レーザ波長で動作し、最終的には248 nmまたは157 nmのエキシマ・レーザ波長でも動作し、0.65ないし0.8以上の高像側開口数で動作し、たとえば、7×20ないし10×30 mm²のかなり大きな長方形または円形の走査像面を用いて動作することのできる、様々なプロジェクション露光レンズが要求されている。

【0021】上記で引用した種類のカタディオプトリック系は基本的にこれに適している。

【0022】しかし、本発明によれば、いくつかの手段および特徴がこれらの系を改良することが判明している。

【0023】図2の断面図に示す例は、表1に与えたレンズ・データを有し、石英ガラスのみを使用している。

1つのレンズ材料しか使用していないので、この設計は、248nmや157nmなど他の波長に容易に適応することができる。

【0024】中間像IMIに自由にアクセスすることができ、したがって、視野絞りを容易に挿入することが可能である。開口絞りAPはレンズ表面239とレンズ表面240の間に位置し、開口絞りAPにも容易にアクセスすることができる。

【0025】カタディオプトリック系CS内の偏向鏡DM1およびDM2は、凹面鏡209へ向かう光線と凹面鏡209から来る光線を分離する要件と、レンズ201、202からのクリアランスを設ける要件によって、幾何形状が定義されている。ビーム偏向角度が90度よりも大きくなるように、鏡DM1の鏡角が45度とは異なると有利である。この場合、大きな自由作動距離と、第1のレンズ要素201、202に対する光線用の広いクリアランスを確保することができ、カタディオプトリック系CSの鏡筒の、物体平面0からの十分なクリアランスが得られる。

【0026】2枚の偏向鏡DM1、DM2の構成は、直線状の光軸と、原点平面0と像平面IMの平行な状況を可能にし、すなわち、マスクとウェハを平行にし、容易に走査できるようにする。しかし、一方の偏向鏡DM1、DM2を破棄するか、あるいは最終的に屈折レンズRL内、たとえば、レンズ表面225とレンズ表面226の間の空間内の偏向鏡と交換することができる。偏向鏡を他の偏向光学要素（たとえば、実施形態6のプリズムまたはその他の偏向光学要素）と交換することも明らかである。

【0027】1パス・ビーム領域内の原点平面0の近くに適度な正のレンズ201、202が配置される。このレンズの焦点距離は、その凹面鏡209からの距離にほぼ等しい。このため、凹面鏡209は瞳孔平面内に位置し、したがって、必要な直径が最小限に抑えられる。

【0028】二重パス領域内の、偏向鏡DM1、DM2と凹面鏡209との間に第2の正のレンズが配置される。レンズ、すなわち、不均一性などによって強く制限されるCaF₂で構成されたレンズとは異なり、直径200mmないし300mmの凹面鏡の作製条件では、ユニットを小型化することが優先されることはないので、凹面鏡209の半径を縮小するためにこの正のレンズ203、204を使用する必要はない。この正のレンズは、凹面鏡209までの距離が第1の反射鏡DM1までの距離よりも短くなる位置に位置し、さらに結像誤差を最小限に抑えるのに最適な位置に位置する。

【0029】2枚の負のメニスカス・レンズ205、206；207、208は、既知の方法で凹面鏡209と協働して入射角度を大きくし、湾曲を強め、したがって凹面鏡109の補正影響を強める。

【0030】重要なこととして、カタディオプトリック

系CSの2重パス領域内のレンズの数が3に制限される。これは、この場合、あらゆるレンズが、補正に関する自由度を増加させずにシステム・エネルギー伝達および波面品質低下に関して2重に数えられるからである。

【0031】&カタディオプトリック系CSは、総縮小率 $\beta=0.25$ の一部 $\beta_{\text{av}}=1.008$ を与える。

【0032】好ましくは、中間像平面IMIに視野絞りFSが挿入され、それによって好都合には迷光が低減する。

【0033】中間像IMIの後方に位置する屈折レンズRLは、従来技術よりも精巧な設計のレンズである。この屈折レンズは、最近開発された十分な屈折力を有するプロジェクション露光レンズと同様に品質が高い。

【0034】シーケンス内に＋＋＋＋レンズを含む、2つのウェストおよび3つのベリーを備える高度な屈折マイクロソグラフィ・レンズ設計で知られている5レンズ群設計が使用されていることが理解されよう。最初の2つのベリー（レンズ表面210ないし219、224ないし227）はそれほど強く表されないが、2つのウェストW1、W2はそれぞれ、凸面が外側を向く一対の負のメニスカス・レンズ220、221；222、223および228、229；230、231によって顕著に確立される。

【0035】たとえば像領域の開口数を増加させるために、より多くのレンズを組み込むことにより、ウェストW1、W2にあるこれらのレンズ群を、他のレンズ群と同様にさらに向上させることができることが知られている。

【0036】他の観点から考えると、屈折レンズRLは、発散する主光線を収束する主光線に変換する正の屈折力の視野レンズ群FLG（レンズ表面210ないし219）と、必要な大きな開口数を生成する像側正集束レンズ群FOG（レンズ表面232ないし251）と、特に、互いに対向して配置された数組の負のメニスカス・レンズ（W1、W2）を含む、結像誤差を補正する中間に配置されたレンズ要素とで構成される。

【0037】表面235ないし238および239ないし242を有する＋屈折力ダブレットは、球面収差、すなわち、このような設計における主要な残存収差の色変動を良好に補正しながら広いスペクトル帯域幅を得るうえで重要である。＋屈折力ダブレットの代替構成は球面収差のずっと不良な色変動を生じさせることが判明している。この場合、15pmレーザ帯域幅で値0.35μmが得られる。

【0038】図2のこの例は、帯域幅0.015nmのエキシマ・レーザ光源を用いて、軸から6mm離れた30×7mm²の長方形の像面上に0.2μm未満の解像度でマイクロストラクチャを印刷するのに適している。

【0039】図3および表2は設計変形形態を示す。カタディオプトリック光学系CSは前の例とほとんど同じ

であるが、この場合、縮小率は $\beta_s=0.944$ で1よりも小さい。

【0040】この屈折レンズでは、図2の第2のレンズ212、213は破棄されているが、厚い負のレンズ245、246は3つのユニット342、343；344、345；346、347に分割されている。

【0041】この場合、2枚のレンズ、すなわち、表面342、343および348、349を有する要素も CaF_2 で構成される。最大のレンズ332、331の直径約250mmと比べて、この2枚のレンズの直径約205mmおよび約165mmは0.81倍および0.67倍未満である。したがって、これらのレンズの直径は大きすぎず、有効な生産が保証される。

【0042】また、これらのレンズは共に、第5のレンズ群内の集束光線内の、第3のペリーの後の、像平面の近くに配置される。これらのレンズは色消しの助けとなる。他の特徴は、たとえば、 $+$ ダブレット332ないし339を含め、図2の例の特徴にかなり類似している。

【0043】図4および表3は本発明によるカタディオプトリック光学系レンズの他の例を示す。

【0044】この場合、カタディオプトリック光学系CSは大きな変更を示しており、二重パス領域内のすべてのレンズが、凹面鏡411の隣の単一のレンズ群に組み合わされている。このレンズ群は、正のレンズ403、404と3枚の負のレンズ405ないし410とを含む。このような負のレンズを2枚から3枚に変更すると、ビーム角度がより円滑に大きくなり、したがって補正が最適化される。したがって、カタディオプトリック光学系CSの鏡筒の構造が簡略化される。レンズ403ないし410および鏡411は、屈折プロジェクション露光レンズで知られているように従来型の構造の小型ユニットに取り付けることができる。偏向鏡DM1、DM2までの長い距離は、たとえば、繊維化合物、ガラス・セラミクス、またはバイメタル化合物構造で構成された、耐熱管状体によってつなぐことができる。

【0045】この場合、正のレンズ403、404はホタル石で構成され（たとえば、直径約200mm）、したがって色消しを助ける。本発明では、この基本的な設計において、最大で合計3枚ないし4枚のレンズで十分に、良好な色消しが行われることが重要である。

【0046】このカタディオプトリック系の縮小率は $\beta_s=0.931$ である。屈折レンズ系は、表2の屈折レンズ系と同様に構成される。

【0047】第4の実施形態を図5および表4に示す。

【0048】この場合も、カタディオプトリック系CSは CaF_2 要素を含まない。1枚の正のレンズ（503、504）、3枚の負のレンズ（505～510）、凹面鏡511の小型ユニットを含むこの系の基本的な構造は第3の実施形態と同じである。縮小率 β_s は最も好

ましい範囲では0.961である。

【0049】屈折レンズRLも、全体的な設計は前述の例と同じである。しかし、 CaF_2 レンズ要素を使用すると新規の特性が与えられる。レンズ要素544、545は既知の方法で色消しを行うが、像平面IMの隣の2枚のレンズ552、553；554、555に CaF_2 を使用する理由はこれとは異なる。

【0050】この場合、 CaF_2 を使用する理由は、「圧縮」による劣化効果を低減することである。この効果は、193nm波長で高い光強度および（幅の狭い走査像面のために生じる）強い対称性を有する石英ガラス・レンズでは非常に強く、 CaF_2 レンズ（またはその他の結晶材料）ではずっと弱い。

【0051】物体Oから像IMまでの全体的な長さが1455mmであり、凹面鏡511の軸からの屈曲が590mmであり、凹面鏡511の直径が250mmであり、屈折レンズ系RL内の（レンズ534、535での）最大レンズ直径が240mmであり、 CaF_2 レンズの直径が195mm（544、545）、135mm（552、553）、85mm（554、555）である場合、この構成の寸法は非常に良好である。 $\lambda=193\text{nm}$ 、15 μm 帯域幅、縮小率0.25、開口数0.7であるとき、 $26\times 9\text{mm}^2$ の長方形の像面が0.20 μm よりも高い解像度で結像される。

【0052】第5の実施形態を図6および表5に示す。この実施形態は、193nmの放射の下で石英ガラスが圧縮されることによる長期的な劣化を低減するために最後の2つのレンズC1、C2（654、655；656、657）のみが CaF_2 で構成されるが、 CaF_2 が色消しのためには使用されていないという点で実施形態4と異なる。

【0053】カタディオプトリック系CSは、凹面鏡までの距離Bに対して $f'/B=1.004$ の関係を有する焦点距離 f' を有する視野レンズ601、602からなる。

【0054】偏向鏡DM1は光軸を偏向させる。偏向鏡の法線は、光軸に対して50度だけ傾斜する。これによって、通常の45度よりも良好な、視野レンズ601、602からのビーム・クリアランスが与えられる。

【0055】正のレンズ603、604が3枚の負のレンズ605～610および凹面鏡611と組み合わせられ小型ユニットが形成される。距離DM1-603は、432mmであり、凹面鏡までの距離DM1-611 597mmの72%である。

【0056】カタディオプトリック光学系の縮小率 $\beta_s=0.9608$ は、1に近い好ましい範囲内にある。この範囲では、凹面鏡の色消し効果が最もよく発揮されると共に、他の結像効果（たとえば、像面の湾曲）が低く維持される。ベッツヴァルの和に対する正の効果は非常に良好である。

【0057】しかし、異常収差補正の概念（上記で引用したSingh）は使用されない。中間像平面IMIでは、コマの値0.1724および歪曲の値-0.0833は良好な補正値を大きく上回っており、それに対して最終像平面IMのコマ（-0.00098）および歪曲（-0.000115）は、他の典型的な誤差と同様に非常にうまく補正される。

【0058】中間像平面IMIでの視野絞りFSは有利には、悪影響を与える迷光を遮断する。

【0059】本発明によれば、カタディオプトリック系は、非常に少ない要素を用いて小型構成として設計され、その機能は、凹面鏡611の色消しおよびベツツヴァルの和に対する効果の実現に焦点を当てている。

【0060】詳細な補正は屈折レンズ系RLの範囲で行われる。この屈折レンズ系は、視野レンズ群FL（表面612ないし621）と集束レンズ群FG（表面634ないし655）で構成される。二対の対向する負のメニスカス・レンズ622～625および630～633を含む補正レンズ要素が上記のレンズ群同士の間挿入される。これらのレンズ要素は2つのビーム・ウェストW1、W2を形成する。したがって、高度な屈折プロジェクション露光レンズで知られている+-+-+5レンズ群設計が確立される。

【0061】集束レンズ群FGは、系アパーチャAPと、前述の利点を有する2つの+屈折力レンズ群PG1およびPG2とを備える。

【0062】色消しCaF₂レンズは設けられないが、実施形態4と同様に、像平面IMの隣に位置する2枚のレンズC1、C2（652～655）は、圧縮を回避するという前述の理由でCaF₂で構成される。

【0063】長さ0-IMが1400mmであり、凹面鏡611までの横屈曲が590mmであるとき、凹面鏡611（および近傍のレンズ609、610）の直径は252mmに限られ、それに対して、屈折レンズ系RLの最大のレンズ636、637の直径は240mmであり、CaF₂レンズの直径は130mm（C1）および85mm（C2）に過ぎない。

【0064】したがって、極端な直径を回避するという生産要件は十分に満たされる。

【0065】図7は、この実施形態5の場合の $\lambda=193.30\text{nm}\pm 0.015\text{nm}$ での縦球面収差およびその色変動、すなわち、前述のような、この系の性能を制限する残留結像誤差を示す。

【0066】15 μm の帯域幅を有する $\lambda=193.3\text{nm}$ の適度に幅の狭いエキシマ・レーザ光源を用いた場合、 $2.6\times 9\text{mm}$ の長方形の像面を0.2 μm よりも良好な解像度で結像できることが理解されよう。

【0067】第6の実施形態を図8および表6に示す。この場合、光路を凹面鏡711の方へ偏向させる偏向プリズムDPが挿入される。

【0068】プリズムDP内部の迷光は、空気（または窒素またはヘリウム）中にあるときよりも拡散が弱くなるので、プリズム縁部による光線の口径食を導入せずに視野サイズをある量だけ増加することができる。この設計上の修正は、開口数が高くなればなるほど重要になる。光線の口径食は、折畳み要素によってどれだけ大きな視野サイズを取り扱うことができるかを制限し、必要な所与の像面の場合にすべてのレンズ直径が小さくなる可能性があることを含め、様々な理由で、視野サイズの場合によっては比較的小さな増大でも非常に望ましい。第2のフラット・ミラーDM2にこれを試みることが適切ではないことが判明している。図8は偏向鏡領域を示し、完全な系に関する例示的なレンズ・データを表6に与える。このプリズム構成は、自由作動距離を拡張するか、あるいは他の鏡角（たとえば、45度）を使用するのを助けることもできる。

【0069】実施形態7は、その設計データが表7に与えられており、横開口数が他の例の値0.7よりもかなり大きな、像の可能な拡張を示す。値NA=0.8でも、この種のレンズは制限を受けない。全体的な構成は他の実施形態で与えた構成と同様であり、したがって、説明のための特別な図面は必要とされない。

【0070】表8のレンズ・データを有する実施形態8は、本発明の設計をVUV波長と共に使用できることを示す例として157nm波長用の純粋CaF₂設計を与える。全体的な構成は図6に非常に類似している。

【0071】上記で明示的に説明した以外の、請求された特徴の組合せも本発明の範囲内である。

【0072】1つのレンズ材料のみを用いた色消しにSchupman色消しレンズを使用できることは実施形態1および8で完全に実証されている。したがって、この実施形態8はVUVリソグラフィに適したSchupman色消しレンズの第1の157nm設計を示す。非球面を挿入し、その結果レンズの数および厚さを削減することによって、この設計はさらに最適化される。

【0073】圧縮を回避するためにレンズに第2の材料を使用する新しい態様を実施形態4ないし7に与えられている。

【0074】第2の材料を使用することによって色消しを簡略化する場合、実施形態3、4、6、7に示すように、この材料で構成された非常に小数の要素があれば十分である。

【0075】好ましくは、偏向要素と凹面鏡の間のレンズは、実施形態3ないし8と同様に、偏向要素および凹面鏡と共に小型ユニットとして配置される。すべてのレンズについて、凹面鏡からの距離よりも偏向要素からの距離を大きくし、これらのレンズの最小距離はその最大厚さ以下である（最小距離と最大厚さは共に直径上で測定される）か、あるいは小型ユニットの長さはその直径を超えず、少なくとも50%以下しか超えない。提示さ

れた屈折レンズ系の高度な設計は、0.65ないし0.85の範囲の増加された像側開口数での良好な補正を可能にする。

テップアンドリピートまたはステッチングにも有用である。ステッチングは特に小型の光学機器を可能にする。

【0077】

【0076】露光走査方式の例を与えたが、本発明はス

表1

$\lambda = 193.3 \text{ nm}$ $\beta = 0.25$ $\text{NA} = 0.7$			
No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	40.000	
201	433.823	20.000	SIO2
202	無限	76.000	
DM1	無限	286.798	角度50.5°
203	371.257	25.000	SIO2
204	855.824	216.212	
205	-242.813	15.000	SIO2
206	-957.702	29.987	
207	-191.563	15.000	SIO2
208	-420.744	12.000	
209	267.741		リフレクタ
(203)		281.798	
DM2	無限	141.534	角度39.5°
210	341.605	45.000	SIO2
211	-302.390	0.266	
212	-314.725	15.000	SIO2
213	-535.921	21.847	
214	-293.712	15.000	SIO2
215	242.074	2.808	
216	253.649	50.000	SIO2
217	-418.716	1.000	
218	387.621	32.000	SIO2
219	無限	23.536	
220	338.439	20.000	SIO2
221	180.073	56.252	
222	-200.452	17.000	SIO2
223	-406.872	1.000	
224	830.485	35.000	SIO2
225	-406.246	137.396	
226	564.466	32.000	SIO2
227	-1292.800	1.000	
228	288.764	22.000	SIO2
229	169.297	57.016	
230	-189.642	28.572	SIO2
231	-398.135	81.777	
232	-476.268	32.000	SIO2
233	-238.618	1.000	
234	505.684	17.000	SIO2
235	259.770	13.056	
236	455.638	38.000	SIO2
237	-469.418	1.000	
238	236.178	15.000	SIO2
239=AP	145.030	2.543	

240	149.636	45.000	SIO2
241	1347.200	1.000	
242	138.086	29.000	SIO2
243	273.919	16.837	
244	-2450.800	36.643	SIO2
245	114.868	12.598	
246	183.269	33.000	SIO2
247	-427.093	0.100	
248	119.177	56.567	SIO2
249	352.582	0.100	
250	176.817	42.544	SIO2
251	-263.402	15.000	
IM	無限	0.000	

【0078】

表2

 $\lambda=193.3\text{nm}$ $\beta=-0.25$ $\text{NA}=0.7$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	40.000	
301	501.959	20.000	SIO2
302	6701.736	83.000	
DM1	無限		角度53.00°
303	-477.089		SIO2
304	-5445.982		
305	282.396		SIO2
306	1204.642		
307	216.126		SIO2
308	519.194		
309	298.619		リフレクタ
(303)			
DM2	無限		角度37.00°
310	-277.399		SIO2
311	876.072		
312	384.127		SIO2
313	-245.187		
314	-297.630		SIO2
315	778.473		
316	-422.020		SIO2
317	945.111		
318	-336.194		SIO2
319	-169.717		
320	208.247		SIO2
321	414.789		
322	-639.842		SIO2
323	420.685		
324	-508.419		SIO2
325	1843.176		
326	-315.017		SIO2
327	-182.247		
328	197.495		SIO2
329	764.726		

330	572.623	SIO2
331	246.349	
332	-592.087	SIO2
333	-240.082	
334	-314.738	SIO2
335	745.437	
336	-219.102	SIO2
337	-178.632	
338	-269.565	SIO2
339=AP	-8665.509	
340	-165.739	SIO2
341	-378.291	
342	-5121.046	CAF2
343	457.764	
344	511.311	SIO2
345	-143.061	
346	-134.125	SIO2
347	-125.446	
348	-158.475	CAF2
349	451.948	
350	-122.592	SIO2
351	-830.354	
352	-374.272	SIO2
353	500.000	
IM	無限	

【0079】

表3

 $\lambda=193.3\text{nm}$ $\beta=-0.25$ $\text{NA}=0.7$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	40.000	
401	441.354	20.000	SIO2
402	-3082.575	82.000	
DM1	無限	404.580	角度51°
403	379.755	40.000	CAF2
404	-503.571	10.819	
405	-538.291	15.000	SIO2
406	-11216.000	23.000	
407	-289.982	15.000	SIO2
408	1481.373	35.434	
409	-212.610	15.000	SIO2
410	-422.622	10.747	
411	281.484	10.747	リフレクタ
(403)		391.580	
DM2	無限	95.000	角度39°
412	304.777	35.000	SIO2
413	-414.139	36.096	
414	-217.633	15.000	SIO2
415	291.419	15.871	
416	372.431	48.000	SIO2
417	-351.209	1.000	

418	478.050	34.000	SIO2
419	-840.313	52.353	
420	336.231	20.000	SIO2
421	175.364	55.562	
422	-230.487	17.000	SIO2
423	-430.797	1.000	
424	648.294	40.000	SIO2
425	-404.757	99.810	
426	527.066	30.000	SIO2
427	-13296.000	1.000	
428	288.592	22.000	SIO2
429	167.355	54.577	
430	-201.179	20.000	SIO2
431	-801.011	103.872	
432	-585.801	36.000	SIO2
433	-252.132	1.000	
434	457.102	17.000	SIO2
435	260.610	9.580	
436	343.579	43.000	SIO2
437	-739.447	1.000	
438	226.319	18.500	SIO2
439	173.228	16.103	
440	272.220	34.000	SIO2
441=AP	-7972.902	1.000	
442	165.067	34.000	SIO2
443	374.040	12.889	
444	2219.918	22.000	CAF2
445	-490.695	0.100	
446	-715.705	12.000	SIO2
447	134.285	0.100	
448	123.907	36.879	SIO2
449	111.965	9.498	
450	147.332	35.000	CAF2
451	-967.651	0.100	
452	115.241	69.555	SIO2
453	921.256	0.100	
454	294.383	28.447	SIO2
455	-500.000	15.000	
IM	無限		

【0080】

表4

 $\lambda=193.3\text{nm}$ $\beta=-0.25$ $NA=0.7$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	35.000	
501	407.048	16.000	SIO2
502	-85814.000	82.000	
DM1	無限	431.676	角度50°
503	524.134	35.000	SIO2
504	-657.304	8.785	
505	-587.479	15.000	SIO2

506	1940.811	25.643	
507	-324.153	15.000	SIO2
508	-23676.000	37.709	
509	-201.728	15.000	SIO2
510	-422.094	12.854	
511	282.375		リフレクタ
(503)		422.676	
DM2	無限	110.772	角度40°
512	373.692	35.000	SIO2
513	-410.297	50.772	
514	-222.817	15.000	SIO2
515	317.101	6.370	
516	349.335	48.000	SIO2
517	-362.479	1.000	
518	729.698	34.000	SIO2
519	-931.019	57.653	
520	371.363	20.000	SIO2
521	210.389	53.764	
522	-248.647	17.000	SIO2
523	-428.501	1.000	
524	937.198	40.000	SIO2
525	-388.007	113.824	
526	567.461	30.000	SIO2
527	-4351.070	1.000	
528	282.352	22.000	SIO2
529	185.586	56.362	
530	-234.431	20.000	SIO2
531	-557.904	132.665	
532	-408.165	35.442	SIO2
533	-266.966	1.000	
534	404.076	17.000	SIO2
535	238.987	14.763	
536	379.049	43.000	SIO2
537	-737.556	1.000	
538	245.637	18.500	SIO2
539	178.878	12.206	
540	245.508	34.000	SIO2
541	2061.364	10.000	
AP	無限	0.000	
542	168.071	34.000	SIO2
543	473.781	9.798	
544	1851.461	22.000	CAF2
545	-494.253	0.100	
546	-719.297	12.000	SIO2
547	132.814	0.100	
548	127.155	34.780	SIO2
549	118.260	11.187	
550	169.575	35.000	SIO2
551	-844.545	0.100	
552	111.623	74.968	CAF2

【0081】

553	1756.260	0.100	
554	239.829	26.117	CAF2
555	-500.000	15.000	
IM	無限	0.000	

表5

 $\lambda=193.3\text{nm}$ $\beta=-0.25$ $\text{NA}=0.7$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	35.000	
601	443.397	16.000	SIO2
602	-3263.101	82.000	
DM1	無限	431.967	角度50°
603	510.641	35.000	SIO2
604	-953.685	12.327	
605	-534.546	15.000	SIO2
606	1546.359	27.623	
607	-295.422	15.000	SIO2
608	-1911.545	32.819	
609	-212.072	15.000	SIO2
610	-404.269	12.229	
611	279.883		リフレクタ
(603)		422.967	
DM2	無限	109.448	角度40°
612	338.847	28.000	SIO2
613	-769.850	31.900	
614	1373.814	18.000	SIO2
615	-915.108	37.909	
616	-239.573	15.000	SIO2
617	279.202	6.538	
618	301.416	46.477	SIO2
619	-437.969	1.000	
620	722.212	30.074	SIO2
621	-1063.807	23.211	
622	381.419	19.000	SIO2
623	193.859	52.872	
624	-235.061	17.000	SIO2
625	-412.453	1.000	
626	990.052	40.000	SIO2
627	-337.530	95.112	
628	529.636	30.000	SIO2
629	-0.208	1.000	
630	264.737	20.000	SIO2
631	173.477	55.898	
632	-213.164	19.000	SIO2
633	-478.343	127.971	
634	-384.253	29.998	SIO2
635	-241.972	1.000	
636	381.178	17.000	SIO2
637	218.858	11.314	
638	296.282	43.000	SIO2

639	-966.118	1.000	
640	230.570	18.500	SiO ₂
641	172.880	14.657	
642	271.493	30.000	SiO ₂
643	-49526.000	4.000	
AP	無限	0.000	
644	156.048	36.000	SiO ₂
645	474.860	12.986	
646	-4892.676	20.000	SiO ₂
647	-452.665	0.100	
648	-711.904	34.541	SiO ₂
649	122.051	9.933	
650	171.475	33.021	SiO ₂
651	-967.318	0.100	
652	112.494	72.297	CAF ₂
653	3642.643	0.100	
654	250.427	26.033	CAF ₂
655	-500.000	15.000	
IM	無限	0.000	

【0082】

表6

 $\lambda=193.3\text{nm}$ $\beta=-0.25$ $\text{NA}=0.7$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	35.000	
701	396.818	16.000	SiO ₂
702	-411120.000	1.000	
DP	無限	85.500	SiO ₂
DP	無限	435.933	角度50°
703	559.897	35.000	SiO ₂
704	-763.942	2.707	
705	-627.112	15.000	SiO ₂
706	2056.900	24.065	
707	-323.749	15.000	SiO ₂
708	-4114.500	41.268	
709	-197.452	15.000	SiO ₂
710	-416.693	13.024	
711	278.696		リフレクタ
(703)		420.933	
DM2	無限	84.857	角度40°
712	391.689	35.000	SiO ₂
713	-391.139	54.674	
714	-217.120	15.000	SiO ₂
715	328.292	6.584	
716	363.974	48.000	SiO ₂
717	-352.092	11.973	
718	753.003	34.000	SiO ₂
719	-915.634	62.045	
720	369.054	20.000	SiO ₂
721	218.165	56.274	
722	-247.872	17.000	SiO ₂

723	-420.231	1.000	
724	970.166	40.000	SIO2
725	-383.655	110.429	
726	556.298	30.000	SIO2
727	-5145.200	1.000	
728	275.093	22.000	SIO2
729	186.724	57.861	
730	-249.939	24.499	SIO2
731	-573.695	138.278	
732	-424.514	35.114	SIO2
733	-274.834	1.000	
734	391.263	17.000	SIO2
735	226.128	16.728	
736	383.272	43.000	SIO2
737	-863.203	1.000	
738	239.284	18.500	SIO2
739	178.197	11.299	
740	237.727	34.000	SIO2
741	1618.000	10.000	
AP	無限	0.000	
742	165.688	34.000	SIO2
743	445.266	9.217	
744	1247.900	22.000	CAF2
745	-503.423	0.000	
746	-771.731	12.000	SIO2
747	131.678	0.100	
748	124.872	29.133	SIO2
749	115.885	13.283	
750	179.986	35.000	SIO2
751	-802.711	0.100	
752	110.497	77.422	CAF2
753	2393.500	0.100	
754	234.953	25.804	CAF2
755	-500.000	15.000	
1M	無限	0.000	

【0083】

表7

 $\lambda=193\text{nm}$ $\beta=-0.25$ $\text{NA}=0.8$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	35.000	
801	355.625	15.000	SIO2
802	無限	84.000	
DM1	無限	393.919	角度50°
803	621.321	30.000	SIO2
804	17349.000	15.577	
805	-522.771	15.000	SIO2
806	7450.061	28.795	
807	-279.969	15.000	SIO2
808	-692.552	26.633	
809	-231.205	15.000	SIO2

810	-419.760	13.994	
811	283.256		リフレクタ
(803)		384.919	
DM2	無限	103.131	角度40°
812	363.520	35.000	SIO2
813	-312.546	19.745	
814	-203.460	15.000	SIO2
815	417.901	4.913	
816	637.371	44.999	SIO2
817	-299.660	1.000	
818	670.513	36.000	SIO2
819	-607.949	99.443	
820	409.543	20.000	SIO2
821	184.175	56.726	
822	-190.739	18.000	SIO2
823	-300.666	1.000	
824	2541.548	35.000	SIO2
825	-423.211	82.343	
826	529.976	40.000	SIO2
827	-575.433	1.000	
828	338.904	22.000	SIO2
829	161.992	77.036	
830	-180.232	20.000	SIO2
831	-286.886	60.230	
832	1358.390	50.000	SIO2
833	-310.335	1.000	
834	299.546	17.000	SIO2
835	185.330	22.475	
836	318.393	15.000	SIO2
837	240.343	11.470	
838	351.936	35.000	SIO2
839	-1892.972	1.000	
840	241.744	18.500	SIO2
841	201.167	6.992	
842	233.761	35.000	SIO2
843	1187.547	0.000	
AP	無限	6.993	
844	173.633	65.000	CAF2
845	-647.630	0.100	
846	-1026.314	15.000	SIO2
847	134.041	12.672	
848	177.508	43.000	SIO2
849	-552.796	0.100	
850	111.087	82.051	CAF2
851	366.445	0.100	
852	201.556	9.977	CAF2
853	無限	15.000	
IM	無限		

【0084】

表8

$\lambda = 157.000 \text{ nm} \pm 2 \text{ pm}$ NA=0.7 $\beta = -0.25$

No.	半径	厚さ	ガラス
0	無限	35.000	
901	509.596	16.000	CAF2
902	-1709.182	82.000	
DM1	無限	430.770	角度50°
903	559.504	35.000	CAF2
904	-1229.460	18.117	
905	-727.847	15.000	CAF2
906	1261.260	27.332	
907	-297.498	15.000	CAF2
908	-1565.150	32.707	
909	-205.835	15.000	CAF2
910	-396.253	12.181	
911	279.103	リフレクタ	$\Phi 252 \text{ mm}$
(903)		420.578	
DM2	無限	73.026	角度40°
IM1	無限	34.034	
912	341.070	28.000	CAF2
913	-1505.473	32.408	
914	969.048	18.000	CAF2
915	-805.764	37.523	
916	-248.947	15.000	CAF2
917	286.272	5.893	
918	307.931	45.973	CAF2
919	-386.903	1.000	
920	1003.377	28.290	CAF2
921	-945.839	20.042	
922	397.781	19.000	CAF2
923	197.943	53.200	
924	-231.060	17.000	CAF2
925	-406.748	1.000	
926	878.953	40.000	CAF2
927	-351.000	100.639	
928	481.080	30.000	CAF2
929	11551.730	1.000	
930	282.768	20.000	CAF2
931	179.880	51.341	
932	-217.737	19.000	CAF2
933	-511.417	127.776	
934	-377.857	29.786	$\Phi 240 \text{ mm CAF2}$
935	-241.099	1.000	
936	377.020	17.000	CAF2
937	218.220	11.262	
938	299.020	43.000	CAF2
939	-943.927	1.000	
940	228.020	18.500	CAF2
941	168.921	13.866	
942	263.149	30.000	CAF2
943	-27570.214	0.752	

AP	無限	8.754	
944	157.192	36.000	CAF2
945	476.977	13.281	
946	-5291.918	20.000	CAF2
947	-428.700	0.100	
948	-634.165	34.624	CAF2
949	123.520	10.454	
950	180.781	33.303	CAF2
951	-732.821	0.100	
952	115.913	72.125	CAF2
953	3615.409	0.100	
954	308.142	25.802	CAF2
955	-500.000	15.000	

IM 無限

屈折率 CaF2

$\lambda=157.002$ 157.000 156.998

$n=1.560047$ 1.560052 1.560057

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるカタディオプトリック光学系を適用することのできる露光装置の構成を示す図である。

【図2】第1の実施形態のレンズ構成の断面図である。

【図3】第2の実施形態のレンズ構成の断面図である。

【図4】第3の実施形態のレンズ構成の断面図である。

【図5】第4の実施形態のレンズ構成の断面図である。

【図6】第5の実施形態のレンズ構成の断面図である。

【図7】第5の実施形態の結像誤差を表した図である。

【図8】第6の実施形態のレンズ構成の一部の概略断面図である。

【符号の説明】

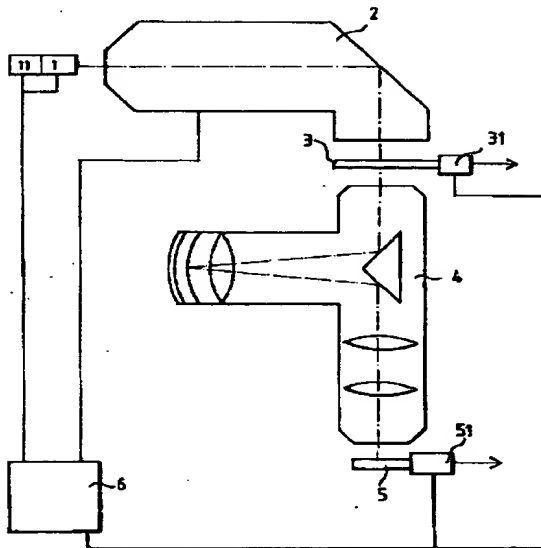
0 物体
 1 エキシマ・レーザ光源
 2 照明システム
 3 マスク
 4 カタディオプトリック光学系プロジェクション露光レンズ
 5 ウェハ
 6 制御ユニット
 11 構成
 31 マスク保持ハンドリング・システム
 51 ユニット
 109、209 凹面鏡
 139、140 レンズ表面
 201、202 第1のレンズ表面
 203、204 正のレンズ
 205、206、207、208、220、221、222、223、228、229、230、231 負のメニスカス・レンズ
 210～219、224～227、232～251 レンズ表面
 225、226 レンズ表面

245、246 厚い負のレンズ
 332、331 最大のレンズ
 332～339 -+屈折力ダブルレット
 342、343、344、345、346、347 ユニット
 403、404 正のレンズ
 405～410 負のレンズ
 411 凹面鏡
 502、504 正のレンズ
 505～510 負のレンズ
 511 凹面鏡
 544、545 レンズ要素
 552、553、554、555 レンズ
 601、602 視野レンズ
 603、604 正のレンズ
 605～610 負のレンズ
 611 凹面鏡
 612～621、634～655 表面
 622～625、630～633 負のメニスカス・レンズ
 636、637 最大のレンズ
 654、655、656、657 レンズ
 711 凹面鏡
 CS カタディオプトリック光学系
 DM1、DM2 偏向鏡
 DP1、DP2 偏向鏡
 FG 集束レンズ群
 FL 視野レンズ群
 FLG 視野レンズ群
 FOG 像側正集束レンズ群
 FS 視野絞り
 IM 像平面
 IMI 中間像

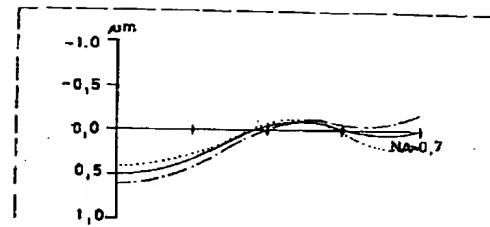
RL 屈折レンズ

W1、W2 ウェスト

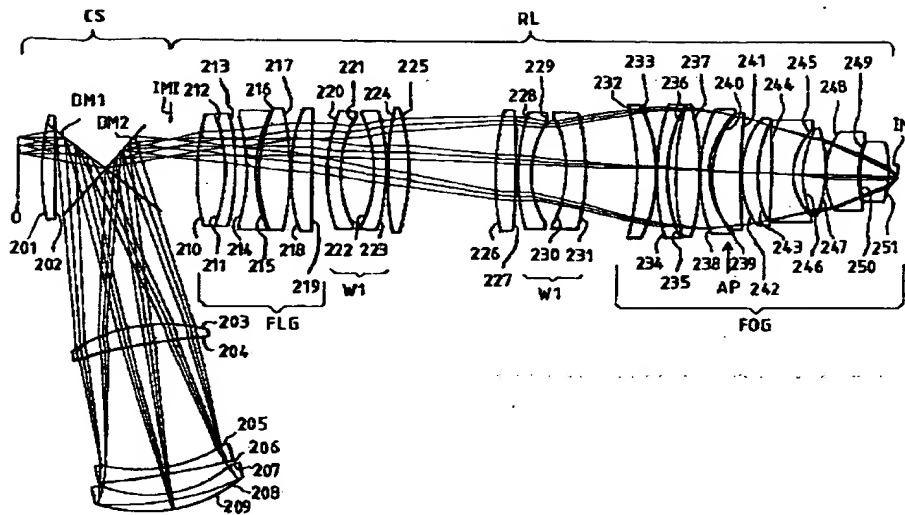
【図1】



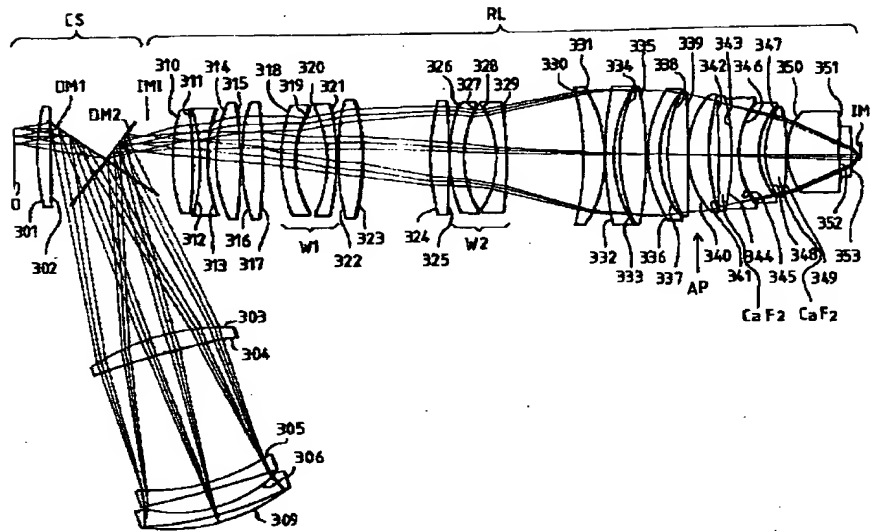
【図7】



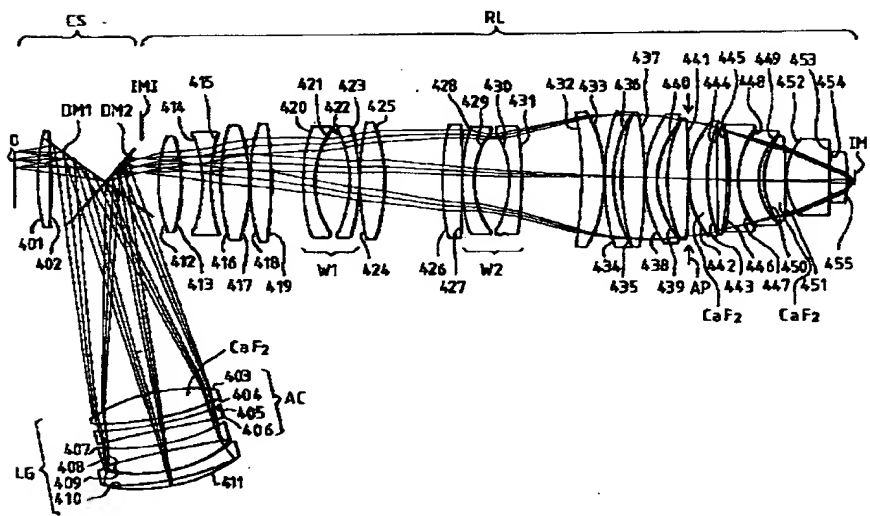
【図2】



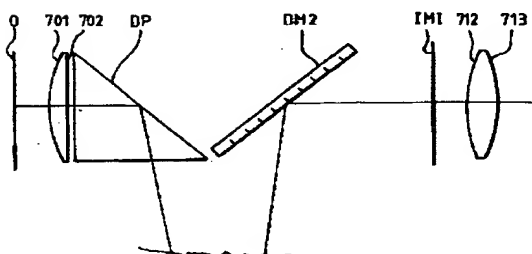
【図3】



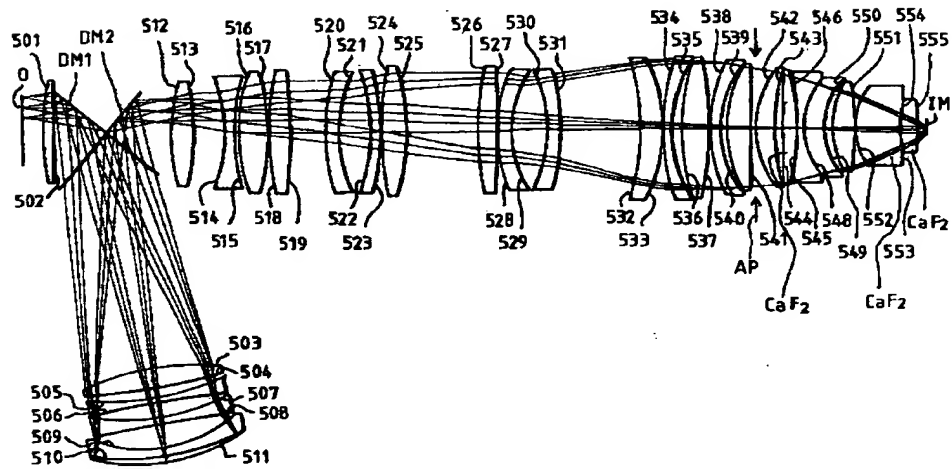
【図4】



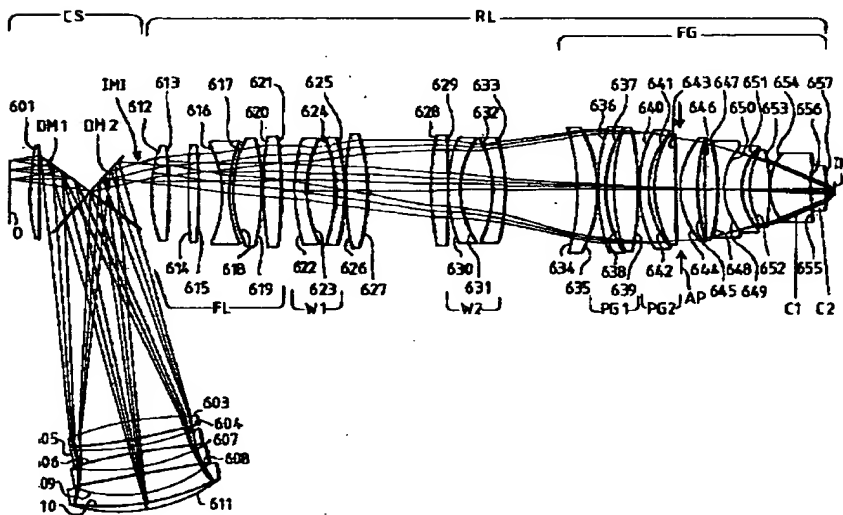
【図8】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72) 発明者 ヘルムート・バイアール
ドイツ連邦共和国・89522・ハイデンハイ
ム・ロベルト・コッホ・シュトラッセ 53
(72) 発明者 ゲルハルト・フルター
ドイツ連邦共和国・73479・エルヴァンゲ
ン・ヒンター デン ゲルテン 10

(72) 発明者 カール・ハインツ・シュスター
ドイツ連邦共和国・89551・ケーニヒスブ
ロン・レヒベルク・シュトラッセ 24
(72) 発明者 ヴィルヘルム・ウーリッヒ
ドイツ連邦共和国・73434・アーレン・レ
ーダー・アッカーリンク・44